UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR INGENIEROS INDUSTRIALES VALENCIA

TRABAJO FIN DE GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES

PROYECTO ESTRUCTURAL DE EDIFICIO INDUSTRIAL DE 2240m2 SITUADO EN ALTEA

AUTOR: ANTONIO OLIVER SÁNCHEZ

TUTOR: JOSÉ MIGUEL MONTALVA SUBIRATS

COTUTOR: PEDRO ILDEFONSO JAÉN GÓMEZ

Curso Académico: 2013-14

INDICE GENERAL

MEMORIA

Indice de la Memoria

1 OBJETO DEL TRABAJO

El trabajo de fin de grado tiene como objetivo, el dimensionamiento cálculo y presupuesto de una nave industrial de 2240m^2. Esta nave estará destinada a albergar la actividad de un Complejo deportivo en Altea, provincia de Alicante con el fin de acceder al título de Grado en Tecnologías Industriales por el alumno Antonio Oliver Sánchez.

2 INTRODUCCIÓN AL PROBLEMA

2.1 Antecedentes

La empresa Pádel Altea SL, es una empresa con sede social en Altea y vinculada al deporte del Pádel, la cual viene desarrollando su actividad en diversos Clubes Deportivos dentro y fuera del término municipal de Altea, en régimen de alquiler de esas instalaciones deportivas.

2.2 Motivación

Dado el creciente aumento de este deporte en nuestro país, como en esta zona de la Comunidad Valenciana, esta Empresa ha decidido invertir en la compra de una parcela adecuada a sus necesidades, para posteriormente construir un complejo deportivo donde pueda desarrollar su actividad en régimen de Propiedad.

2.3 Justificación

Se han realizado diversos estudios y valoraciones de las opciones más viables al objeto de determinar el mejor emplazamiento para ubicar esta parcela, teniendo en cuenta básicamente las siguientes premisas:

- Parcela ubicada en suelo calificado, con posibilidad de construir un Complejo con Uso Deportivo, de las dimensiones requeridas.

- Parcela ubicada en zona con facilidad de accesos y capacidad de aparcamientos.

- Parcela alejada de otros centros deportivos ya existentes, donde pueda satisfacer la demanda de usuarios por motivos de cercanía.

3 NORMATIVA APLICADA

Para la realización del trabajo de fin de grado se ha tenido en cuenta toda la normativa vigente.

Normativa industrial

- Plan general de ordenación urbana de Altea (Alicante)

Normativa de edificación

- Código Técnico de la Edificación (CTE)
- Instrucción de Hormigón estructural(EHE-08)

En el Código Técnico de la Edificación

-DB SE Seguridad estructural

-DB SE-C Seguridad estructural: Cimientos

-DB SE-A Seguridad Estructural: Acero

- DB SE-AE Seguridad estructural Acciones en la edificación

De la Instrucción de Hormigón Estructural:

-Cimentaciones

-Estructuras de Hormigón

4 SITUACIÓN Y EMPLAZAMIENTO

El Complejo Deportivo se sitúa en Altea, provincia de Alicante, en la Comunidad Valenciana, para más concreción se encuentra en el mismo linde que separa los términos municipales de Altea y Alfaz del Pí, en el tránsito de la Carretera Nacional 332.

En el plano adjunto, de vuelo fotogramétrico puede apreciarse con exactitud su ubicación.

Figura 1.Situación de la nave

Según la ordenanza municipal la nava está situada en la zona de tolerancia industrial 7A

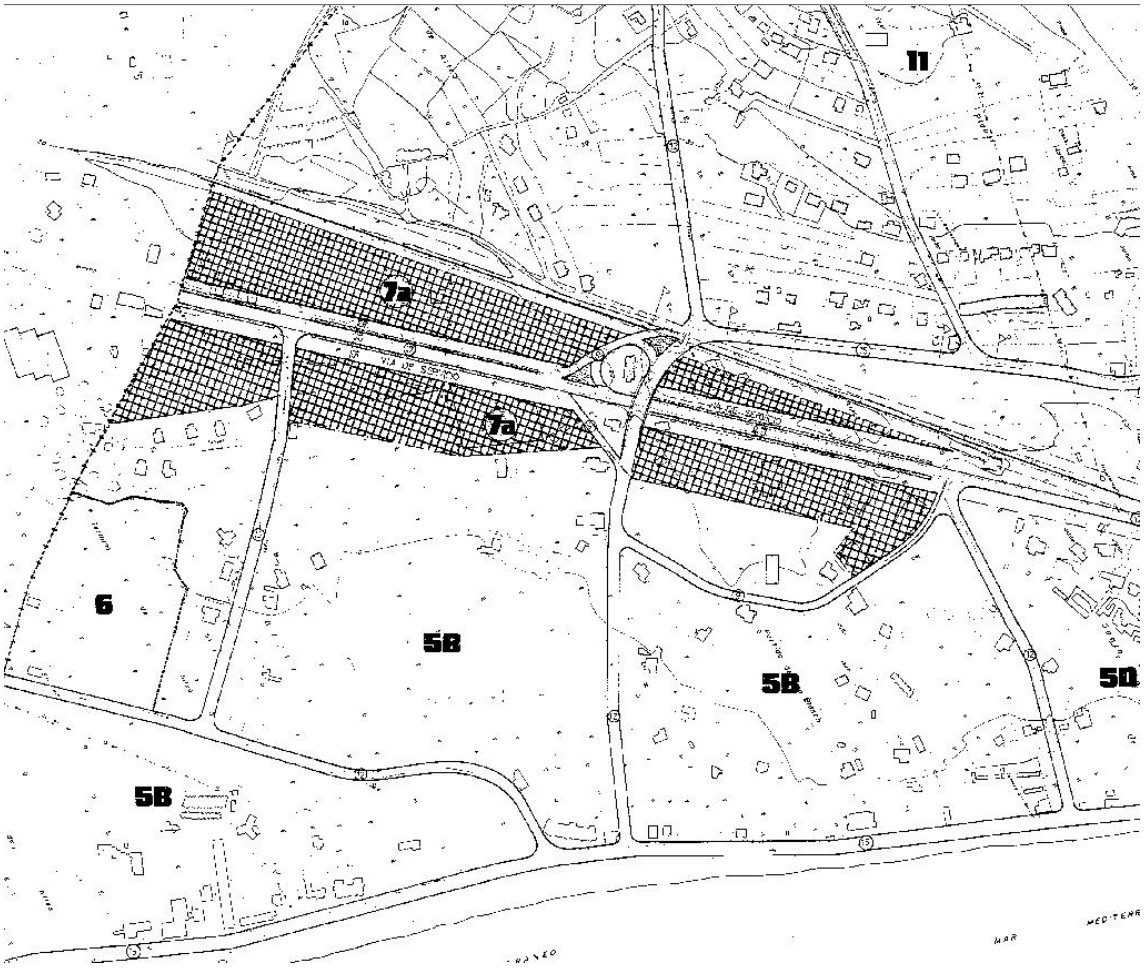


Figura 2.PGOU zona industrial

Esta zona de tolerancia industrial viene marcada por la siguiente normativa

CALIFICACION DEL SUELO	ZONA	SUB-ZONA	APROVECHAMIENTOS MAXIMOS PERMITIDOS. CONDICIONES DE VOLUMEN: TIPO DE EDIFICACION	PARCELA MINIMA	SUPERFICIE OCUPADA (2)	ALTURAS PLANTAS(4)	COEFICIENTE VOLUMEN	USOS: VIVIENDA CLASE	INDUSTRIA CATEGORIA	PUBLICO CLASE	CONDICIONES ESTETICAS
SUELO URBANO	1 CASCO ANTIGUO	1a	MD - DC	-	(5)	8,50	(5)	(2a)	1a	Cu,3-RL-AD-CO,1,2,3,5)	1ª y 2ª
		1b	MD - DC	100 m2	(3)	3(9mts)	(5)	(2a)	1a y 2a	Cu,3-RL-AD-CO,1,2,3,5)	2ª
		1c	MD - DC	100 m2	100%	4(11,5)	(5)	(1a y 2a)	1a y 2a	RS-1-CU,2,3,-RL-AD SA-2,3,4,5-ES,2-4-CO EP,1-DR,1-CT,1,2,3.	2ª y 3ª
	2 EXPANSION CASCO	2a	MD-MPM-DC	(6)	(5)	5(16,00mts)	(5)	2a	1a y 2a	RS,1-CU,2,3-RL-AD S1,2,3,4 y 5-ES,24 CO-EP,3-DR,3-CT,1,2,3	3ª
		2b	MD-MPM-DC	(7)	(3)	5(16,00mts)	(5)	2a	1a y 2a		
	3 ENSANCHE DEL CASCO Avd. Nucia	3a	MD-MPM-	300 m2	70%	3(10,00mts)	4,6m3/m2	2a	1a y 2a		3ª
		3b	MD-MPM-	300 m2	70%	4(13,00mts)	5,6m3/m2	2a	1a y 2a		
		3c	MD - DC	225 m2	60%	2(7,00 mts)	(5)	2a	1a y 2a		
	4 RESIDENCIAL EN NUCLEOS (Clot)	4a	Bq-AS	800 m2	30%	5(16 mts)	3 m3/m2	1a y 2a	1a y 2a	RS-CU,2,3-RL,1 AD,1-S1,3,4,5-CO ES,3-EP-DR,CT,1,2,3	3ª
		4b	Bq-AS	700 m2	30%	5 (16mts)	3 m3/m2	1a y 2a	1a y 2a		
		4c	AS-FL	800 m2	30%	2(7,00mts)	1,5 m3/m2	1a y 2a	1a y 2a		
		4d	POLIGONOS DE ORDENACION ESPECIAL								
			Bq-AS/MD-MPM	(7)	(7)	3(10,00mts)	-	1a y 2a	1a y 2a		
		4e	AS-FL	800	25%	2(7,00 mts)	1 m3/m2	1a y 2a	1a y 2a		
		4f	AS	200	50%	(7,00 mts)	3,m3/m2	1a y 2a	1a y 2a		
	6 SERVICIOS ESPECIALES	Bq-MS	Bq-MS	-	60%	-	4 m3/m2	(9)	-	TODOS MENOS V1-2, AD-4	3ª
	7 TOLERANCIA INDUSTRIAL	7a	Bq -IN	1.000 m2	60%	13 mts.	3,5 m3/m2	(9)	1ª,2ª y 3ª	CO,5-DR,4	
		7b	Bq -IN	1.000 m2	60%	10 mts	3,5m3/m2	(9)	1ª,2ª y 3ª	CT-V1,1,,,4	
	8 VERDE PUBLICO	Bq	Segun uso	-	5%	1(7,00 mts)	0,2 m3/m2	UNICA Y EXCLUSIVAMENTE CARACTER CULTURAL O RECREATIVO Y USO PUBLICO		EDIFICACIONES DE	
	9 DEPORTIVO	Bq	Según uso	-	10%	-	0,5 m3/m2	UNICA Y EXCLUSIVAMENTE TITUCIONES DE CARACTER VO Y USO PUBLICO.		EDIFICACIONES E INS- DEPORTIVO O RECREATI	
	10 RESIDENCIAL EXTENSIVA	10a	Bq-AS	1.000 m2	30%	1pl.(16mts)	3,3 m3/m2	1a y 2a	-	RS-CU-RL,1,4- S1,3,4,5-CO,1,2,5 EP-DR-CT,1,2,3	
		10b	Bq-AS	800 m2	25%	1pl.(10,00)	1,3 m3/m2	1a y 2a	-		
		10c	Bq-AS	1.000 m2	25%	1pl.(7m)	0,7 m3/m2	1a y 2a	1a y 2a		
		10e	Bq-AS	600 m2	25%	1pl.(7,00)	0,7 m3/m2	1a y 2a			
		10d	PLANES PARCIALES CON PLANEAMIENTO APROBADO								

Figura 3.Normativa de PGOU

De esta imagen, la información útil marcada es:

- Zona 7A
- Parcela mínima =1000m^2
- Superficie ocupada 60%
- Altura máxima de las plantas 10 metros.
- Coeficiente de volumen= 3.5m^3/m^2
- Coeficiente de volumen= 3.5m^3/m^2
- Categoría industrial = 1º,2º,3º
- Retranqueos: La altura del edifico como mínimo o 5 metros.

Según la ordenanza reguladora, esta categoría y esta zona industrial permite la edificación de industrias que sean molestas e incompatibles con la vivienda, así pues los usos previstos por la ordenanza son:

- Comerciales (bares y restaurantes)
- Deportivos y recreativos (centro sociales)
- Comunicaciones y transportes
- Varios (parque de bomberos y servicios de limpieza)

A continuación se procede mediante la siguiente tabla a justificar urbanísticamente los aprovechamientos máximos permitidos conforme el PGOU(Plan General de Ordenanza Urbanística) de Altea.

CALIFICACIÓN DEL SUELO : SUELO URBANO.

CLASIFICACIÓN: ZONA DE TOLERANCIA INDUSTRIAL

SUB – ZONA : 7 A.			. COMPLEJO DEPORTIVO		JUSTIFICACION
TIPO EDIFICACIÓN	BQ-IN		BQ-IN		CUMPLE
PARCELA MIN	1.000 M2		5.193,67 M2		CUMPLE
SUPERF. OCUPACIÓN	60 %	60% S/5193,67= 3.116,20 M²	2 240 M2		CUMPLE
ALTURA MAX EDIFICACIÓN	13,00 M .		7,00 M		CUMPLE
COEF. VOLUMEN	3,50 M3/M2	3,5 x5193,67 = 18 177.80 m3	15 680 m3	15 680m3 < 18177,80 M3	CUMPLE
USO PERMITIDO	DEPORTIVO DR		DEPORTIVO DR		CUMPLE
RETRANQUEO	ALTURA EDIFI MINIMO 5OO M		7,00 M		CUMPLE

Figura 4.Tabla justificación urbanística.

Como podemos observar, el complejo deportivo cumple con la normativa, y podemos ubicar nuestro edificio en esta parcela.

4.1 Características de la parcela

La parcela tiene 5196.67m², está situada a 49 metros de altitud respecto del nivel del mar, y colindante con otras parcelas construidas con naves de diferentes usos industriales. Además la parcela dispone de buenos accesos y esta vallada.

El terreno, se encuentra urbanizado, y dispone de las infraestructuras con las que cuenta el polígono que son: red de saneamiento, abastecimiento de agua, alumbrado, electricidad y telefonía. La parcela se elige en concreto porque las dimensiones van acordes a la actividad a desarrollar, dispone de un fácil acceso a la nave industrial y permite la realización de un parking alrededor de la nave.

4.1.1 Estado actual

El estado actual del terreno es una parcela calificada de Suelo Urbano (solar) sin construir. Además presenta arbustos, plantas, árboles, broza y maleza.

4.2 Accesos

La fachada norte de la nave es colindante a la carretera N-332, perteneciente a la Red de Carreteras del Estado, carretera que une diferentes localidades del Sureste de España discurriendo por el litoral del Mar Mediterráneo. Conecta la provincia de Almería con Cartagena, Alicante y Valencia .En nuestro caso la nave esta al Sur del término municipal de Altea, situada colindante con el término municipal de Alfaz del Pi , a 8km de Benidorm y a 12km de Calpe por la misma carretera por lo que tiene buenos accesos desde diferentes localidades cercanas.

Para poder acceder al complejo, Altea dispone a su vez de un carril bici que conecta la gran parte del municipio siendo posible el acceso a la nave mediante bicicleta.

Otra vía de acceso a la nave es mediante “el Trenet”, tren que conecta los pueblos entre Alicante y Denia,y cuya parada a 100 metros de la nave se llama “Hostal Ventorrillo”.

En conclusión se ha elegido por construir la nave en este lugar ya que tiene muy buenos accesos, y está a escasos kilómetros de localidades donde se frecuenta este deporte.

5 REQUERIMIENTOS ESPACIALES

El Complejo Deportivo tiene un ancho de 28 metros y una profundidad de 80 metros, lo que hace un total de 2240m^2, de superficie construida, siendo la altura de los pilares laterales de fachada de 7,00 metros, coincidente con la línea de cornisa de la edificación y la altura de cumbrera es de 8,547metros en el pilar central del pórtico de fachada.

Las dimensiones del Complejo Deportivo, están fundamentadas en la necesidad de poder albergar la actividad deportiva de un Padel Indoor, concretamente de 5 pistas, que exige en primer lugar, que la altura mínima sin ningún obstáculo para desarrollarse el juego sea de 6 metros, en toda la superficie de la pista, sin que exista ningún elemento (focos) que invada dicho espacio.

En segundo lugar la iluminación media medida a la altura del suelo debe ser como mínimo de 400-500 lux, en condiciones normales, por esta razón hemos puesto además de unos focos de iluminación a la altura debida, 12 lucernarios de 20 m^{2,} sumando un total de 240 m^2, un 10.71% de la superficie total del nave, como indica el plano número 10 de cubierta, para que entre luz natural durante el día. Estos lucernarios están compuestos por una placa de poliéster reforzado con fibra de vidrio, dispondrán a su vez de accesorios para garantizar su fijación, solape, seguridad y estanqueidad tal y como se muestra en la imagen.

Figura 5.Lucernarios de 20m²situados en cubierta

En las fachadas laterales se ha optado por diversos tipos de ventanas verticales, como se indica en el plano 9.1 de fachadas laterales. La nave tiene unos ventanales de 5 metros de alto por 1 metro de ancho, situados dos por pista de pádel para permitir la entrada de la luz. Estos ventanales están compuestos por un vidrio monolítico incoloro, y una persiana orientable en lamas de aluminio en el interior. Este mecanismo permitirá que se pueda controlar la entrada o no de la luz, para evitar deslumbramientos durante el juego indeseados.

En la fachada este tenemos 6 ventanales, y en la fachada oeste disponemos de 4 ventanales como podemos observar en el plano 9.1.

Figura 6.Ventanas laterales de las fachadas

En la zona de vestuarios, administración y en el gimnasio, se han elegido unos ventanales de 1.00mx1.20m, con perfiles de PVC y refuerzos interiores de acero galvanizado como podemos apreciar en los planos de fachada lateral de la nave para permitir la entrada de la luz natural y que tengan una buena ventilación.

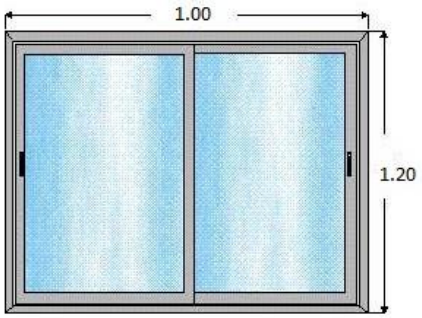


Figura 7.Ventanas de los vestuarios, administración y gimnasio.

5.1 Instalaciones de la nave

El complejo de pádel dispondrá de:

- 5 pistas de pádel
- Bar/Cafetería
- Vestuarios Masculinos y Femeninos
- Tienda y exposición
- Zona de almacén
- Oficina de Administración
- Gimnasio
- Aseos Cafetería

5.2 Distribución interior

El acceso principal se sitúa en el centro de la fachada, encontrándose al mismo nivel de la calle. A nivel de calle y una vez dentro del recinto (lado derecho) se sitúa la zona de Cafetería, con zona de mesas con cristales al exterior con vista a la Calle y al lateral Este.

De igual forma y en lado izquierdo de la entrada, se encuentra la zona de Administración del Complejo y Tienda/Exposición de venta de artículos y ropa deportiva relacionada con el pádel. Esta zona dispone de dos plantas, situándose la zona de Administración en la segunda planta, con cerramientos laterales y frontales de cristal, lo que posibilita desde esa altura, la visión total del interior del recinto.

La pista nº 1, o pista central, se sitúa frente a la cafetería, y será una pista panorámica. Las pistas de pádel panorámicas se caracterizan por la eliminación de los postes intermedios entre cristal y cristal, lo que da una visión mucho mejor de lo que ocurre en el interior de la pista. Además se trata de un diseño muy impactante visualmente, dando a la pista un aspecto minimalista y actual.

Figura 8.Pista de pádel panorámica

Para posibilitar la visión sobre esta pista en los eventos deportivos, se ha previsto que toda la zona de techo de cafetería, vestuarios y gimnasio sea transitable, lo que hará que puedan situarse sobre la cubierta espectadores.

Se han dispuesto los vestuarios tanto femeninos como masculinos cerca de la mitad longitudinal de la nave para que tengan mejores accesos desde cualquier parte de la nave, y una mayor comodidad al estar céntricos a cualquiera de las 5 pistas.

Las pistas 1,2 al igual que las pistas 3 y 4 se disponen de una forma longitudinal y contigua a ambos lados de la nave como podemos observar en los planos de planta de sección (4.1). Estas serán pistas de pádel indoor , se trata de una pista de pádel muy similar a una pista de pádel de cristal estándar pero con una estructura más fina, esto es debido a que dicha estructura no debe estar preparada para soportar los vientos y las adversidades meteorológicas del exterior.

Figura 9.Pista de pádel indoor

Situada encima de la cafetería, los vestuarios y el gimnasio, se encuentra la terraza, la cual se accede a ella a través de unas escaleras que se encuentran en la parte trasera de los vestuarios, desde esa misma terraza se podrá ver el juego de la pista central.

5.3 Presente y futuro del pádel

El pádel es un deporte joven, dinámico y accesible tanto de un punto de vista físico como económico, además es muy fácil practicarlo ya no exige grandes cualidades atléticas ni técnicas principal razón, de que el crecimiento de la demanda de este deporte ha sido y está siendo muy importante.

Además, al no ser un deporte que requiera de un gran fondo físico para poder disfrutar con el juego, el abanico de edades que abarca los participantes del pádel es muy amplio, quizás el más amplio de todos los deportes más conocidos y practicados.

Por otra parte es muy significativo el incremento en el número de mujeres que juegan al pádel, que representa más del 35% de los practicantes.

En la actualidad el número de practicantes en España supera los 4.5 millones y se prevé que este número aumente en los próximos años a 8 millones. Esto es debido a que la repercusión del pádel se hace cada vez más notable en canales de televisión, en prensa deportiva y en portales en Internet, esto desencadenará inevitablemente un mayor conocimiento del pádel que conllevará a que aumenten el número de personas que practiquen este deporte.

5.4 Accesos a la nave y circulación interior

La entrada principal de la nave está situada en la fachada norte, siendo la puerta de doble hoja para facilitar la entrada y salida de gente y evacuación en caso de emergencia. Esta puerta delantera está alineada con la puerta trasera como indica el plano 4.1 correspondiente al de planta de sección a una cota de 2 metros.

Además dispone de dos entradas y salidas de doble hoja alineadas en los laterales, de dimensiones 2x2.20 metros situadas aproximadamente en la mitad de la nave.

Figura 10.Aspecto que tendrá la entrada principal a la nave

Figura 11.Imagen de las entradas y salidas de la nave de los laterales

En la parte de la cocina y el almacén, para facilitar la entrada de productos y personal a la cafetería se ha dispuesto en la fachada lateral este de una puerta de 1.00x2.20m.

Todas estas puertas dispondrán de perfiles de PVC con refuerzos interiores de acero galvanizado, y dispondrá cerradura de seguridad.

6 DESCRIPCIÓN DE LA SOLUCIÓN ADOPTADA

Para satisfacer el desarrollo del Complejo Deportivo y este deporte ,la nave dispone de la siguientes dimensiones:

-Luz: 28 metros

-Altura del pilar lateral de fachada: 7 metros

-Superficie construida: 2240m^2

-Altura de cumbrera: 8.547metros

Todo esto se llevará a cabo mediante las siguientes actuaciones:

6.1 Actuaciones previas

Se realizará un desbroce y limpieza del terreno con medios mecánicos, cuya finalidad es la de dejar limpio el solar, eliminando arbustos, plantas, árboles, broza, maleza y basura que pudiera hallarse en el terreno. Una vez el terreno ya se encuentra limpio y libre, se procederá a las labores del replanteo de la edificación.

El replanteo, dejará marcas (yeso) en el suelo, mediante líneas de ejes de pilares, marcando todo el perímetro. Sobre esta línea de eje, se marcarán (también con línea de yeso) las dimensiones de las zapatas como podemos apreciar en el plano numero 5.

6.2 Cimentación y solera

La excavación la realizará una pala mixta o en su defecto, si es un terreno muy duro, una máquina retroexcavadora. Actuará excavando sobre las referencias visuales marcadas sobre el terreno, siendo necesario fijar también en esta fase los niveles de obra (medidas verticales, o profundidad de las zapatas y zanjas).

Una vez hecha esta operación se procederá al transporte de los metros cúbicos de tierra excavados mediante un camión volquete. Se ha tenido en cuenta que el volumen de metros cúbicos excavados aumentará un 25% debido al esponjamiento del terreno, ya que se considera un terreno duro.

En cuanto a la cimentación en primer lugar se verterá directo desde el camión una capa de hormigón de limpieza HL 150/P/20/IIa preparado, de consistencia plástica, tamaño máximo del árido 20 mm y de 10 cm de espesor, en la base de la cimentación.

La cimentación se llevará cabo mediante el uso de zapatas independientes aisladas que se unirán mediante vigas de atado, es decir elementos estructurales de cimentación dispuestos en horizontal entre zapatas y la viga perimetral corrida en la periferia de la nave servirá de elemento de sustentación al cerramiento.

El hormigón utilizado para la cimentación será HA 30/B/20/IIa de consistencia blanda y tamaño máximo del árido 20 mm. En el caso del acero se ha utilizado acero corrugado B500s soldable.

En la cimentación se han utilizado en total 5 zapatas diferentes como se detalla en la tabla de a continuación. Se muestra más adelante un ejemplo de una zapata, el resto de zapatas se pueden apreciar con detalle en el plano número 7.

Zapata	***Dimensiones(cm)***	***Referencia Nudos***
Tipo 1	225x225x60	N92,N94,N87,N89
Tipo 2	170x350x70	N8,N13,N18,N23,N28,N33,N38,N43,N53,N58,N63,N73 Y N78
Tipo 3	170x340x70	N76,N71,N66,N61,N56,N51,N46,N41,N36,N31,N26,N21,N16 ,N11 Y N6
Tipo 4	265x265x60	N91,N86
Tipo 5	215x215x50	N1,N3,N83,N81

Figura 12.Tipos de zapatas, dimensiones y referencia a los nudos

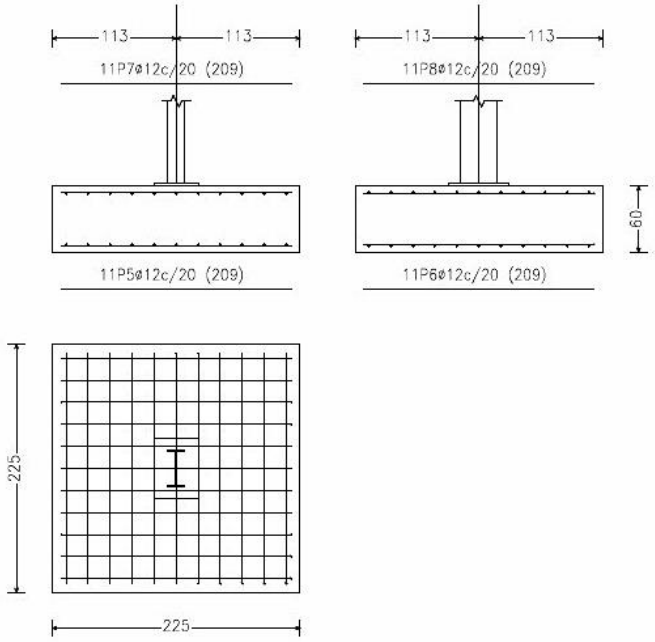


Figura 13.Zapata tipo 1

Se han utilizado dos tipos de vigas de atado una para las fachadas frontales y otra para las fachadas laterales. Se detalla a continuación la viga de atado correspondiente a la fachada frontal pudiendo observar con detalle los dos tipos en el plano número 7:

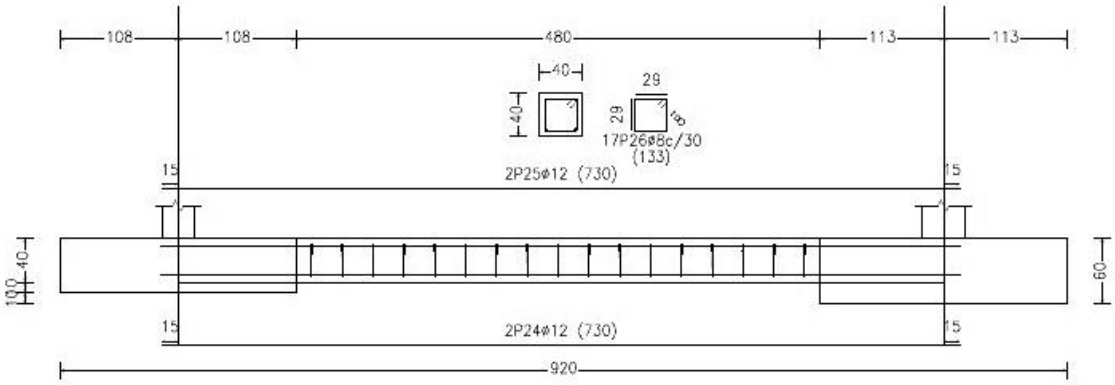


Figura 14.Viga de atado en fachada.

6.3 Elementos constructivos

6.3.1 Solera

La superficie de la parcela se ha rellenado con 15 cm de espesor de zahorra mediante el uso de una motoniveladora, y se ha compactado a un grado del 95%.

Para la solera se ha utilizado una capa de hormigón HA 25/B/40/IIa+Qb de consistencia blanda y tamaño máximo del árido de 40mm, con un espesor de 15cm, reforzada con una cuantía de 10 kg/m2 de acero corrugado B 500 S. Se ha optado por elegir este hormigón y este espesor ya que debido al uso que se le va dar a la nave, la solera no va a soportar cargas muy grandes como camiones o maquinaria, ya que la nave tendrá un uso de complejo deportivo.

La superficie de solera del interior de la nave se someterá a un rascado mediante cepillos metálicos para limpiar la superficie para posteriormente darle un tratamiento superficial endurecedor de pavimento continuo de hormigón, con una pintura de protección epoxi dispersada en agua, de color gris, con un espesor de 0.2mm.

6.3.2 Cerramientos de fachada

En las fachadas laterales y en la fachada frontal trasera, como podemos apreciar en los planos 9.1 y 9.2 correspondientes a las fachadas del complejo deportivo , se ha utilizado unos cerramientos de panel prefabricado de hormigón de 16 cm, por cuestiones estéticas y porque aportan una mayor rigidez al pórtico y al conjunto de la estructura. Estos paneles tendrán un acabado en gris y juntas machihembradas que facilitaran la unión entre paneles y su sellado.

Figura 15.Paneles de hormigón prefabricado de 16 cm

En los cerramientos de fachada norte y hasta el segundo vano de la fachada lateral Este (zona de cafetería) se ha dispuesto de un vidrio tintado de seguridad de doble hoja de suelo a techo que se sustenta por unos perfiles metálicos. Este vidrio está formado por un vidrio monolítico incoloro transparente de 6mm de espesor , una cámara de aire deshidratado de 9mm con perfil separador de aluminio que estará sellada perimetralmente y un vidrio laminado compuesto por dos vidrios de 4 mm de espesor unidos mediante una lámina de butiral de polivinilo de color negro los cuales se sustentaran mediante unos perfiles metálicos.

Figura 16.Aspecto del vidrio tintado de seguridad.

6.3.3 Cubierta

La estructura de la cubierta estará formada a base de correas. Las correas son el elemento constructivo sobre las que se apoyará el cerramiento, concretamente el panel Sándwich que se detallará más adelante. Para pendientes de cubierta inferiores al 20% como es el caso del complejo deportivo, con una pendiente del 10,53% ,se utilizarán unas correas del tipo CF-200x3.0 de acero conformado S235 con una separación entre correas de 0.9m.

En la cubierta y en el frontis de la fachada frontal como podemos apreciar en el plano número 10 y 9.2 respectivamente, se ha dispuesto de panel sándwich PL40-250, al tener un fácil mantenimiento ya que todos los módulos son desmontables desde el interior, son aislantes térmicos, tienen una colocación rápida y presentan una estética agradable que se integra a la perfección en la nave.

Estos paneles están formados por dos chapas de aluminio, un alma de aislante de poliuretano, de conductividad térmica 0.026 W/(mºK)con un espesor de panel de 40 mm. Dispondrá de un sistema de agarre y diseño de la junta que ocultará las fijaciones y se elegirá el color gris para el cerramiento.

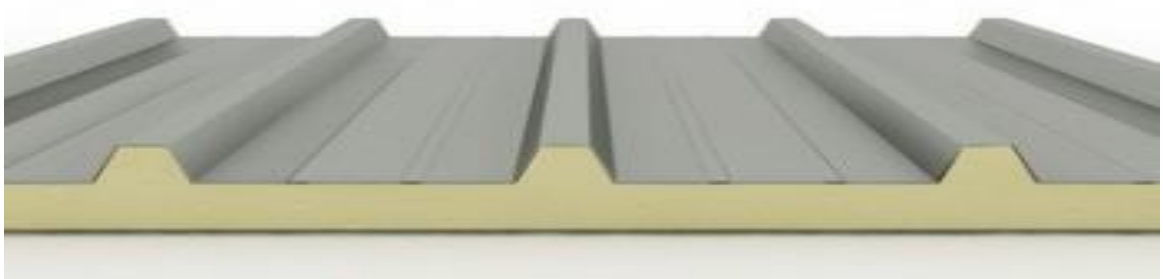


Figura 17.Panel Sandwich PL40-250

6.4 Elementos estructurales

Estructuralmente la nave está constituida por 16 pórticos a 2 aguas separados 5 metros entre sí y con una luz entre pilares de 28 metros. Cabe distinguir 2 grupos de pórticos diferentes, el pórtico inicial y final, y por otro lado los pórticos intermedios.

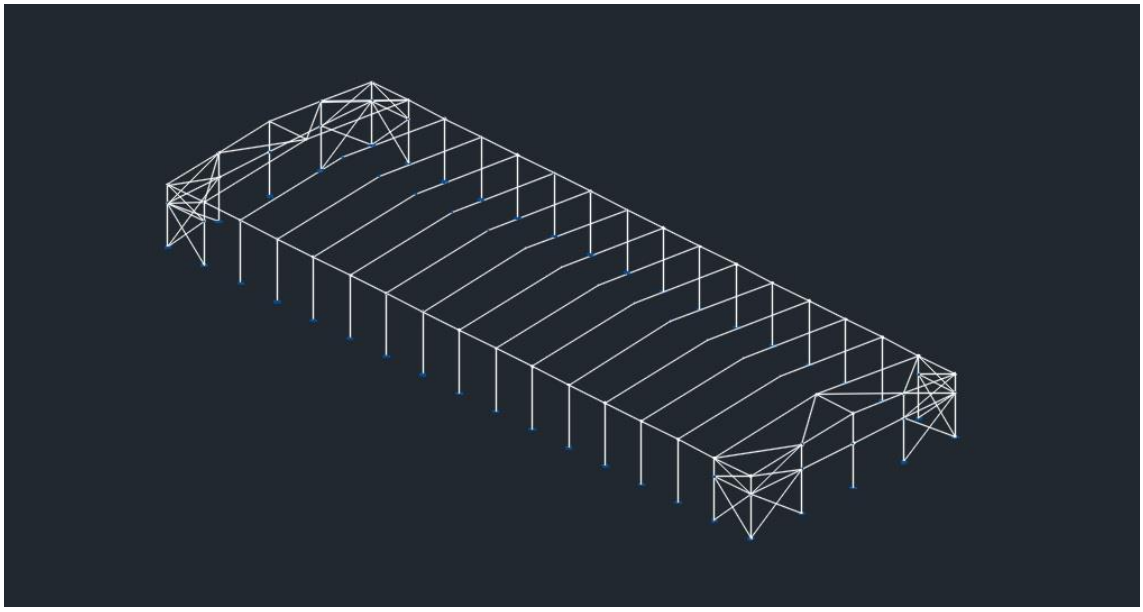


Figura 18.Imagen del 3D de la nave

El pórtico interior es un pórtico a dos aguas, correspondiente a los 14 pórticos interiores intermedios que tiene la nave. El pórtico de fachada frontal y trasero es el mismo, y se caracteriza por disponer de un arriostramiento de Cruz de San Andrés.

El sistema contraviento que se ha utilizado para la estructura de la nave ha sido de tipo Warren. Este tipo de sistema se caracteriza por la unión de barras formando triangulaciones.

Se ha enlazado todas las cabezas de los pilares mediante un viga perimetral, y en las estructuras laterales se ha dispuesto de un arriostramiento de Cruz de San Andrés con el fin

de aplomar y estabilizar el conjunto de la estructura. En la Cruz de San Andrés los vanos arriostrados, trabajan como auténticas vigas en celosía que soportan el empuje del viento sobre los entramados frontales transmitiéndolo a los entramados laterales.

6.4.1 Pórticos Interiores

El pórtico interior está formado por perfiles laminados IPE 400 tanto en los pilares como la cubierta, se trata de un pórtico a dos aguas y el complejo deportivo dispone de 14 pórticos intermedios iguales.

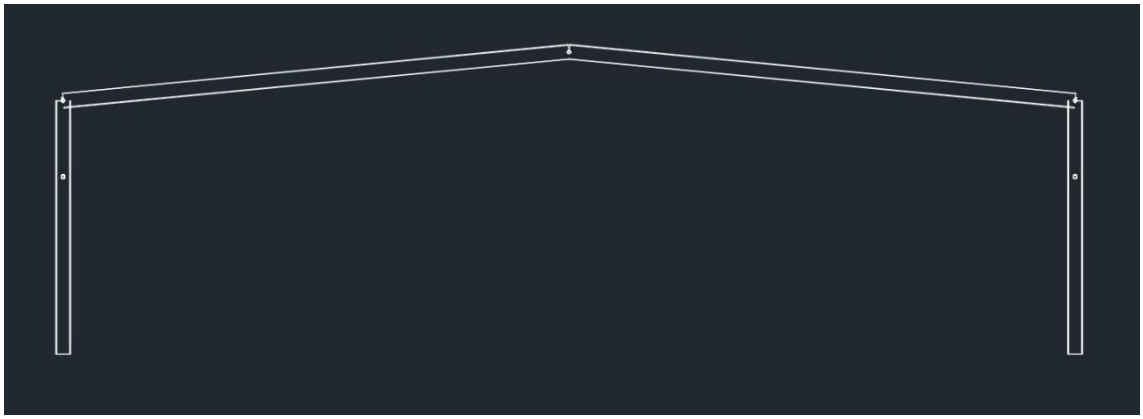


Figura 19.Pórtico interior

6.4.2 Pórticos de fachada

El pórtico de fachada, está compuesto por diferentes tipos de pilares de fachada. En las esquinas se encuentran dos perfiles IPE300, la parte inferior del pilar central es un IPE400 y la parte alta un IPE 330,los perfiles intermedios(entre el pilar de la esquina y el central) son perfiles IPE 330.En estos dos pórticos los perfiles utilizados para la cubierta son IPE 270.Además disponen de un arriostramiento de cruz de San Andrés compuesto por dos diagonales arriba y dos abajo de perfiles L100x100x8 por tal como podemos apreciar en el plano número 8.2 correspondiente al plano de la estructura de los pórticos.

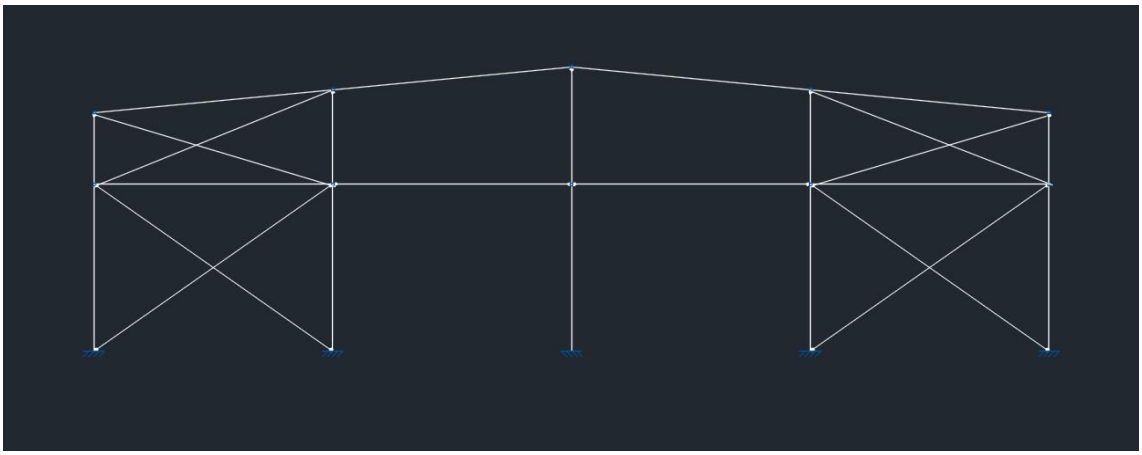


Figura 20.Pórtico de fachada frontal y trasera

6.4.3 Sistema contraviento

La viga contraviento es de tipo Warren, se ha dimensionado la diagonal y el montante. En la diagonal se ha dispuesto de un perfil tubular de 155x8 y en el montante de un perfil tubular de 90x3.Se considera que estos son elementos principales de la estructura, pues un fallo de los mismos, cambia las condiciones de apoyo de los elementos principales y pueden producir el colapso de la estructura.

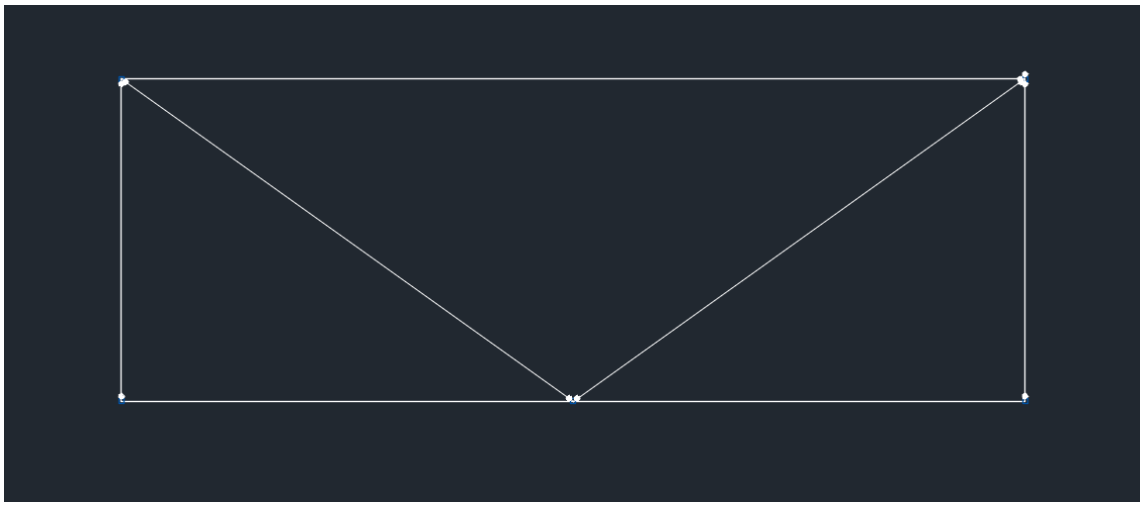


Figura 21.Viga contraviento tipo Warren

6.4.4 Cruz de San Andrés y viga perimetral

Los pórticos se unen mediante la viga perimetral, siendo un perfil de IPN 160, este perfil enlaza las cabezas de los pilares. Además el complejo deportivo dispone de un arriostramiento en fachada lateral, en forma de Cruz de San Andrés, constituido por dos barras diagonales en los vanos extremos, en nuestro caso perfiles L70x70x6 en la parte de abajo y L60x60x5 en la parte de arriba, esto hace que disminuya el coeficiente de pandeo en el pilar.

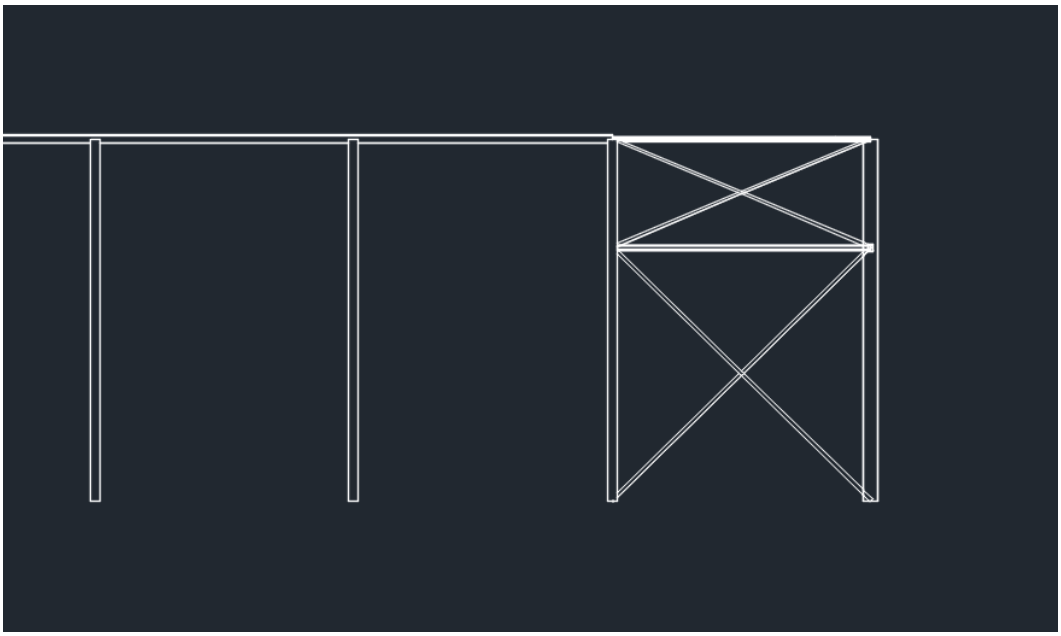


Figura 22.Cruz de San Andrés y viga perimetral

6.5 Materiales

Los materiales que se han utilizado para la construcción de la nave han sido desde un punto de vista estructural el acero y el hormigón:

6.5.1 Acero

Los perfiles metálicos serán los elementos que constituirán nuestra estructura. Estos aportan la resistencia y rigidez necesarias para la edificación correcta según nuestros requisitos. Los podemos clasificar de según el tipo de acero.

Generalmente en construcción, para los perfiles laminados de toda la estructura se usa acero del tipo S275 y para acero de tipo S235 para perfiles conformados en C como pondremos en las correas de la nave industrial, ya que son aconsejadas en cubiertas con menos del 20% de pendiente.

Tipo acero	Acero	Lím. elástico MPa	Módulo de elasticidad GPa
Aceros Conformados	S235	235	206
Aceros Laminados	S275	275	206

Figura 23.Propiedades del acero de los perfiles

Coeficiente de Poisson: μ=0.3

Este acero se sirve con garantía de las características exigidas en CTE y pueden realizarse ensayos de recepción.

Dentro del tipo de acero elegido, para la estructura soldada, se elige siempre un material de aportación de iguales o mejores características mecánicas.

El acero utilizado para los pernos, armaduras y vigas de atado es el B500S.La letra S nos indica que es un acero soldable, de limite elástico 500 N/mm^2.

Caracteristicas	Barras corrugadas			
Tipo de acero	B 400 S	B 500 S	B 400 SD	B 500 SD
Norma de producto	UNE 36068	UNE 36068	UNE 36065	UNE 36065
Límite elástico R_e (MPa)	400	500	400	500
Carga unitaria de rotura R_m (MPa)	440	550	480	575
Relación R_m / R_e	1.05	1.05	≥ 1.20 ≤ 1.35	≥ 1.15 ≤ 1.35
Relación R_e real / R_e nominal	----	----	≤ 1.20	≤ 1.25
Alargamiento de rotura A_5 (%)	14	12	20	16
Alargamiento total bajo carga máxima A_{gt} (%)	----	----	9	8

Figura 24.Características de las barras corrugadas

6.5.2 Hormigón

Se ha utilizado varios tipos de hormigones. En primer lugar para el hormigón de limpieza se elegido un HL 150/P/20/IIa, Hormigón de limpieza preparado, de consistencia plástica, tamaño máximo del árido 20 mm y exposición tipo ambiente IIa.

Para las zapatas y las vigas de atado a utilizado un Hormigón HA 30/B/20/IIa+Qb, es decir un hormigón armado de resistencia característica a la compresión a 28 días de 30 N/mm² (300 kp/cm²) de consistencia blanda, con tamaño máximo del árido 20 mm y exposición tipo de ambiente IIa+Qb.

7 PRESUPUESTO

En la tabla siguiente mostramos el presupuesto con el resumen de capítulos.

Presupuesto				
Resumen de capítulos				
NºOrden	**Código**	**Descripción de los capítulos**	**Importe**	
01	UO01	Movimiento de tierras	27.876,77	
02	UO02	Cimentación	63.041,26	
03	UO03	Estructura	145.525,40	
04	UO04	Elementos constructivos	619.037,28	
04.01	UO04.01	Fachadas Frontales	42.946,89	
04.02	UO04.02	Fachadas Laterales	150.215,51	
04.03	UO04.03	Cubierta	161.253,60	
04.04	UO04.04	Solera	264.621,28	
Presupuesto de ejecución material			855.480,71	
13% Gastos generales			111.212.49	+
6% Beneficio Industrial			51.328,84	
PRESUPUESTO BRUTO			1.018.022,04	
18% I.V.A			183.243,97	+
PRESUEPUESTO LÍQUIDO			1.201.266,01€	

Suma el presente presupuesto la cantidad de :

UN MILLON DOSCIENTOS UN MIL DOS CIENTOS SESENTA Y SEIS COMA UN CÉNTIMO DE EUROS

7.1 Ratios

Se detallan ahora diferentes ratios para resaltar donde se invierte más dinero en la construcción del complejo deportivo.

Ratio superficial

Se muestra a continuación el coste en €/m^2, de la estructura metálica y placas de anclaje.

64,96 €/m^2

Ratio Global

Se muestra seguidamente el coste en €/m^2, de la nave compuesta por la estructura metálica, placas de anclaje y cimentación.

93.11 €/m^2

Ratio Edificio

Se muestra a continuación el coste en €/m^2 , de la nave compuesta por la estructura metálica ,placas de anclaje ,cimentación y los cerramientos de fachada y de cubierta.

255,33 €/m^2

Ratio Coste Total

Por último se muestra el coste en €/m^2 de la nave total.

381.91 €/m^2

ANEXOS A LA MEMORIA

ANEXO

Indice de los Anexos a la Memoria

1 MODELO ESTRUCTURAL

Para proceder al cálculo de la nave se ha hecho una idealización de la estructura, es decir una transformación de pilares en elementos ideales llamados barras y nudos a los cuales se le han aplicado unas cargas.

Se ha procedido a hacer el cálculo con el programa CYPECAD2014, uno de los programas de cálculo más extendidos en arquitectura y obra civil en España, con aproximadamente 48.000 profesionales registrados. El programa está especialmente adaptado para las estructuras de nudos y barras, que conforman las estructuras típicas en edificación.

La aplicación Generador de Pórticos del paquete de programas CYPE nos permite de forma fácil y rápida definir e introducir las características geográficas y físicas del lugar donde se ubica la construcción y las dimensiones y rasgos generales más importantes de los pórticos que la componen. Estos datos determinan las acciones sobre la edificación. Los cálculos de las acciones se realizan mediante el seguimiento de la normativa que le corresponde al lugar de la obra.

Generador de Pórticos también nos permite dimensionar las correas de cubierta y de los laterales. Una vez hemos definido una serie de parámetros del pórtico, podemos exportar el modelo creado al módulo Nuevo Metal 3D, también incluido en CYPE. En esta aplicación se continuará con la optimización del dimensionado y diseño de la estructura. No se han tenido en cuenta las acciones correspondientes a los forjados de la distribución interior y elementos constructivos sobre la estructura de la nave. Finalmente se calculará la cimentación y las placas de anclaje.

2 MATERIALES

Los materiales que se han utilizado para la construcción de la nave han sido desde un punto de vista estructural el acero y el hormigón:

2.1 Hormigón

Se detalla a continuación los kg de hórmigon utilizados.

-*Hormigón HL-150/P/20:* HM 15/P/20/IIa,

- **Zapatas**:*22.87m³*
- **Vigas de atado**: 5.47m³

***Total hormigón de limpieza**: 28.34kg*

-Hormigón HA-30/B/20/IIa+Qb

- **Vigas de atado:**36.43m^3
- **Zapatas:** 152.807m^3
- ***Solera:*** 336m^3

Total hormigón armado: *525,24kg*

2.2 Acero

Para los perfiles laminados de toda la estructura se usa acero del tipo S275 y se ha utilizado acero de tipo S235CF para perfiles conformados en C, como se pondran en las correas de la cubierta de la nave industrial.

Tipo acero	Acero	Lim. elástico MPa	Módulo de elasticidad GPa
Acero conformado	S235	235	210
Acero laminado	S275	275	210

Se detallan ahora los kg totales de acero que hemos utilizado en la nave:

-Acero S275

- **Perfiles IPE300**:1177.69Kg(pilares de las esquinas de la nave)
- **Perfiles IPE330**:1676.937Kg(pilares del pórtico de fachada)
- **Perfiles IPE400**:43703.38Kg(pilares pórtico interior)
- **Perfiles IPE270**:2110Kg(jácena)
- **Perfiles IPE160**: 2208.99kg (viga perimetral).
- **Perfiles IPE100**: (correas laterales)
- **L70x70x6**:357.44Kg(arriostramiento cruz de San Andrés,parte inferior)

- **L60x60x5**:198.21Kg(arriostramiento cruz de San Andrés,parte superior)
- **L100x100x8**:1553.06Kg(arriostramiento fachada)
- **#100x80x4**:218.85Kg(montante de Cruz de San Andrés)
- **#140x100x40**:612.80Kg
- **Diámetro 90x3**:1931.1Kg(montante Viga Warren)
- **Diámetro 155x8**:2001Kg(Diagonal Viga Warren)
- **Placas de anclaje**:2557.66*Kg*

Total acero S275:54709.01Kg

2.2.1 Características mecánicas

En la tabla de a continuación se puede observar las características mecánicas de cada elemento de acero S275 laminado que se ha utilizado para formar la estructura del complejo deportivo.

Tipos de pieza	
Ref.	Piezas
1	N2/N5, N4/N5, N82/N85 y N84/N85
2	N6/N7, N8/N9, N7/N10, N9/N10, N11/N12, N13/N14, N12/N15, N14/N15, N16/N17, N18/N19, N17/N20, N19/N20, N21/N22, N23/N24, N22/N25, N24/N25, N26/N27, N28/N29, N27/N30, N29/N30, N31/N32, N33/N34, N32/N35, N34/N35, N36/N37, N38/N39, N37/N40, N39/N40, N41/N42, N43/N44, N42/N45, N44/N45, N46/N47, N48/N49, N47/N50, N49/N50, N51/N52, N53/N54, N52/N55, N54/N55, N56/N57, N58/N59, N57/N60, N59/N60, N61/N62, N63/N64, N62/N65, N64/N65, N66/N67, N68/N69, N67/N70, N69/N70, N71/N72, N73/N74, N72/N75, N74/N75, N76/N77, N78/N79, N77/N80, N79/N80, N86/N109 y N91/N108
3	N98/N99 y N96/N97
4	N92/N98, N1/N100, N3/N101, N94/N99, N87/N96, N81/N102, N83/N103 y N89/N97
5	N6/N98, N76/N96, N81/N104, N78/N97, N3/N106, N8/N99, N83/N107 y N1/N105
6	N96/N77, N104/N82, N97/N79, N107/N84, N106/N4, N99/N9, N105/N2 y N98/N7
7	N104/N96, N107/N97, N99/N106 y N98/N105
8	N77/N88, N88/N80, N7/N93, N93/N10, N79/N90, N90/N80, N9/N95 y N95/N10
9	N80/N85, N5/N10, N77/N82, N2/N7, N4/N9 y N79/N84
10	N7/N12, N12/N17, N17/N22, N22/N27, N27/N32, N32/N37, N37/N42, N42/N47, N47/N52, N52/N57, N57/N62, N62/N67, N67/N72, N72/N77, N9/N14, N14/N19, N19/N24, N24/N29, N29/N34, N34/N39, N39/N44, N44/N49, N49/N54, N54/N59, N59/N64, N64/N69, N69/N74 y N74/N79
11	N109/N85, N108/N5, N92/N100, N94/N101, N87/N102, N89/N103, N102/N88, N100/N93, N103/N90 y N101/N95
12	N1/N98, N81/N96, N96/N82, N98/N2, N3/N99, N83/N97, N97/N84 y N99/N4

Características mecánicas									
Material		Ref.	Descripción	A (cm²)	Avy (cm²)	Avz (cm²)	Iyy (cm4)	Izz (cm4)	It (cm4)
Tipo	Designación								
Acero laminado	S275	1	IPE 270, (IPE)	45.90	20.66	14.83	5790.00	419.90	15.94
		2	IPE 400, (IPE)	84.50	36.45	28.87	23130.00	1318.00	51.08
		3	# 140x100x4, (Rectangular conformado)	18.00	6.40	9.07	495.73	295.94	601.31
		4	L 100 x 100 x 8, (L)	15.50	7.36	7.36	144.80	144.80	3.28
		5	L 70 x 70 x 6, (L)	8.13	3.84	3.84	36.88	36.88	0.96
		6	L 60 x 60 x 5, (L)	5.82	2.75	2.75	19.37	19.37	0.48
		7	# 100x80x4, (Rectangular conformado)	13.20	5.07	6.40	185.35	131.44	254.43
		8	Ø 155x8, (Tubo conformado)	36.95	33.25	33.25	1000.89	1000.89	2001.78
		9	Ø 90x3, (Tubo conformado)	8.20	7.38	7.38	77.67	77.67	155.34
		10	IPN 160, (IPN)	22.80	10.54	7.99	935.00	54.70	6.57
		11	IPE 330, (IPE)	62.60	27.60	20.72	11770.00	788.10	28.15
		12	IPE 300, (IPE)	53.80	24.07	17.80	8356.00	603.80	20.12

Notación:
Ref.: Referencia
A: Área de la sección transversal
Avy: Área de cortante de la sección según el eje local 'Y'
Avz: Área de cortante de la sección según el eje local 'Z'
Iyy: Inercia de la sección alrededor del eje local 'Y'
Izz: Inercia de la sección alrededor del eje local 'Z'
It: Inercia a torsión
Las características mecánicas de las piezas corresponden a la sección en el punto medio de las mismas.

3 ACCIONES SOBRE EL EDIFICIO

La estructura de la nave industrial y en general todas las estructuras están sometidas a diversas acciones que deben soportar y transmitir.Dependiendo de diversos factores como los materiales ,el uso de la estructura,el tiempo y los materiales ,las cargas pueden variar mucho e incluso pueden actuar combinándose.Las acciones que se van a considerar para el cálculo del complejo deportivo se muestran a continuación.

3.1 Acciones permanentes

3.1.1 Peso propio

El peso propio a tener en cuenta es el de los elementos estructurales, los cerramientos y elementos separadores, la tabiquería, todo tipo de carpinterías, revestimientos(como pavimentos, guarnecidos, enlucidos, falsos techos), rellenos (como los de tierras) y equipo fijo.En el caso del complejo deportivo se tendrá en cuenta el peso propio de la estructura y el peso por unidad de superficie en el cerramiento de cubierta y en el cerramiento lateral cuyo valor es 0.15kN/m^2.

3.2 Acciones variables

Acciones que indicen, o no, en el peso del edificio. Pueden ser acciones sobre barandillas y elementos divisorios, presión y efecto del viento, las acciones térmicas y el efecto de la nieve sobre la estructura.

3.2.1 Sobrecarga de uso

La sobrecarga de uso es el peso de todo lo que puede gravitar sobre el edificio por razón de su uso.Concretamente en el caso del complejo deportivo, la categoría de uso de la cubierta será accesible únicamente para conservación, a si mismo ,en la subcategoría,pertenecerá a cubiertas ligeras sobre correas,a lo que corresponde según el CTE a una sobrecarga uniforme en el cerramiento de 0.40 kN/m².

3.2.2 Viento

La distribución y el valor de las presiones que ejerce el viento sobre un edificio y las fuerzas resultantes dependen de la forma y de las dimensiones de la construcción,de las características y de la permeabilidad de su superficie, así como de la dirección,de la intensidad y del racheo del viento.

La normativa que hemos aplicado es: CTE DB SE-AE (España), debido a la situación de nuestra nave se considera una zona eólica A,y un grado de aspereza IV, correspondiente a una zona industrial.La nave se construirá atendiendo a un periodo de servicio de 50 años.

La profundidad de la nave industrial es de 80.00m y no dispone de huecos por lo que huecos,las hipótesis aplicadas son:

1 - V(0°) H1: Viento a 0°, presión exterior tipo 1 sin acción en el interior
2 - V(0°) H2: Viento a 0°, presión exterior tipo 2 sin acción en el interior
3 - V(90°) H1: Viento a 90°, presión exterior tipo 1 sin acción en el interior
4 - V(180°) H1: Viento a 180°, presión exterior tipo 1 sin acción en el interior
5 - V(180°) H2: Viento a 180°, presión exterior tipo 2 sin acción en el interior
6 - V(270°) H1: Viento a 270°, presión exterior tipo 1 sin acción en el interior

3.2.3 Nieve

Para considerar las acciones de la nieve la normativa utilizada es CTE DB-SE AE (España),la altitud topográfica donde se encuentra la parcela es de 49.00m por lo que se ha considerado un cota de nieve tanto en los perfiles laminados como en los conformados de: Altitud inferior o igual a 1000 m,tal como marca el CTE.Además se dispone de una cubierta sin resaltos con una exposicon al viento normal.

Zona de clima invernal: 5

Las hipótesis aplicadas son:

1 - N(EI): Nieve (estado inicial)
2 - N(R) 1: Nieve (redistribución) 1
3 - N(R) 2: Nieve (redistribución) 2

3.3 Acciones accidentales

3.3.1 Sismo

No se han tenido en cuenta para el cálculo de la estructura de la nave.

3.3.2 Incendio

No se han tenido en cuenta para el cálculo de la estructura de la nave.

3.3.3 Impacto

No se han tenido en cuenta para el cálculo de la estructura de la nave.

3.4 Datos de pórticos

Datos de pórticos			
Pórtico	Tipo exterior	Geometría	Tipo interior
1	Dos aguas	Luz izquierda: 14.00 m Luz derecha: 14.00 m Alero izquierdo: 7.00 m Alero derecho: 7.00 m Altura cumbrera: 8.547 m	Pórtico rígido

3.4.1 Acciones sobre los pórticos.

Se detalla a continuación, los valores en kN/m que soportan a modo de ejemplo los pórticos del 5 al 10 y el pórtico de fachada de la nave industrial, atendiendo a las hipótesis consideradas anteriormente (por reducir el volumen de la información).

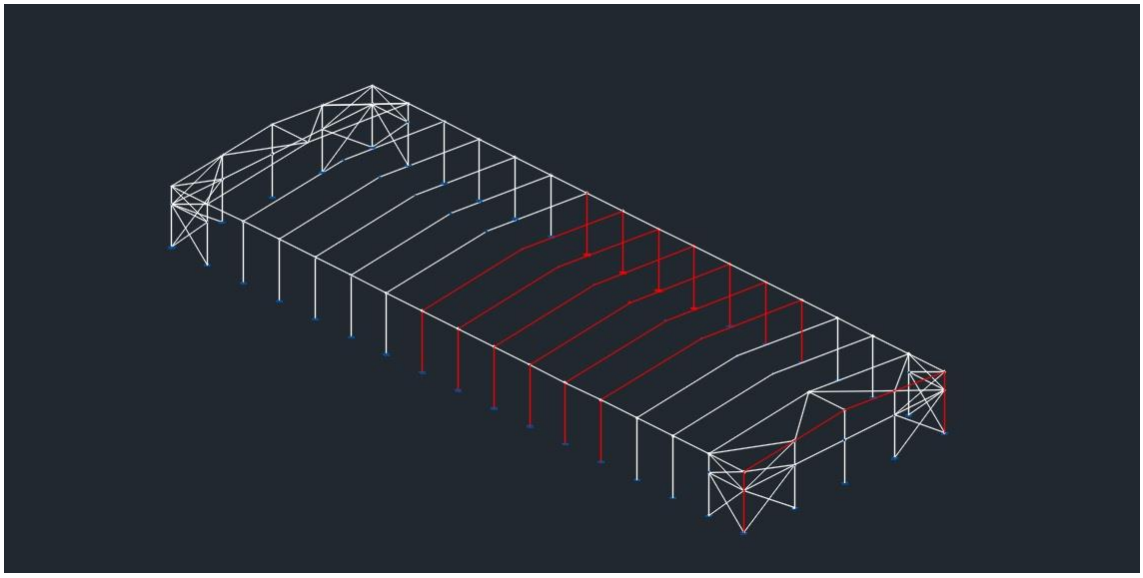


Figura 1.Pórticos elegidos para el cálculo

Pórtico 1, correspondiente al pórtico de fachada

Barra	Hipótesis	Tipo	Posición	Valor	Orientación
Pilar	Carga permanente	Uniforme	---	0.54 kN/m	EG: (0.00, 0.00, -1.00)
Pilar	Viento a 0°, presion exterior tipo 1 sin acción en el interior	Uniforme	---	1.31 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Pilar	Viento a 0°, presion exterior tipo 2 sin acción en el interior	Uniforme	---	1.31 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Pilar	Viento a 90°, presion exterior tipo 1 sin acción en el interior	Uniforme	---	2.16 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, -1.00)
Pilar	Viento a 180°, presion exterior tipo 1 sin acción en el interior	Uniforme	---	0.59 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, -1.00)

Barra	Hipótesis	Tipo	Posición	Valor	Orientación
Pilar	Viento a 180°, presion exterior tipo 2 sin acción en el interior	Uniforme	---	0.59 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, -1.00)
Pilar	Viento a 270°, presion exterior tipo 1 sin acción en el interior	Uniforme	---	0.92 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, -1.00)
Pilar	Carga permanente	Uniforme	---	0.54 kN/m	EG: (0.00, 0.00, -1.00)
Pilar	Viento a 0°, presion exterior tipo 1 sin acción en el interior	Uniforme	---	0.59 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Pilar	Viento a 0°, presion exterior tipo 2 sin acción en el interior	Uniforme	---	0.59 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Pilar	Viento a 90°, presion exterior tipo 1 sin acción en el interior	Uniforme	---	2.16 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Pilar	Viento a 180°, presion exterior tipo 1 sin acción en el interior	Uniforme	---	1.31 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, -1.00)
Pilar	Viento a 180°, presion exterior tipo 2 sin acción en el interior	Uniforme	---	1.31 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, -1.00)
Pilar	Viento a 270°, presion exterior tipo 1 sin acción en el interior	Uniforme	---	0.92 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Cubierta	Carga permanente	Uniforme	---	0.49 kN/m	EG: (0.00, 0.00, -1.00)
Cubierta	Sobrecarga de uso	Uniforme	---	1.00 kN/m	EG: (0.00, 0.00, -1.00)
Cubierta	Viento a 0°, presion exterior tipo 1 sin acción en el interior	Faja	0.00/0.13 (R)	3.02 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Cubierta	Viento a 0°, presion exterior tipo 1 sin acción en el interior	Faja	0.13/1.00 (R)	1.06 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Cubierta	Viento a 0°, presion exterior tipo 2 sin acción en el interior	Faja	0.00/0.13 (R)	0.03 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, -1.00)
Cubierta	Viento a 0°, presion exterior tipo 2 sin acción en el interior	Faja	0.13/1.00 (R)	0.03 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, -1.00)
Cubierta	Viento a 90°, presion exterior tipo 1 sin acción en el interior	Faja	0.00/0.34 (R)	1.77 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Cubierta	Viento a 90°, presion exterior tipo 1 sin acción en el interior	Faja	0.34/1.00 (R)	1.46 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Cubierta	Viento a 90°, presion exterior tipo 1 sin acción en el interior	Uniforme	---	0.50 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Cubierta	Viento a 180°, presion exterior tipo 1 sin acción en el interior	Faja	0.00/0.87 (R)	1.08 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Cubierta	Viento a 180°, presion exterior tipo 1 sin acción en el interior	Faja	0.87/1.00 (R)	0.21 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, -1.00)
Cubierta	Viento a 180°, presion exterior tipo 2 sin acción en el interior	Faja	0.00/0.87 (R)	1.03 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Cubierta	Viento a 180°, presion exterior tipo 2 sin acción en el interior	Faja	0.87/1.00 (R)	1.03 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Cubierta	Viento a 270°, presion exterior tipo 1 sin acción en el interior	Uniforme	---	1.09 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Cubierta	Nieve (estado inicial)	Uniforme	---	0.56 kN/m	EG: (0.00, 0.00, -1.00)
Cubierta	Nieve (redistribución) 1	Uniforme	---	0.28 kN/m	EG: (0.00, 0.00, -1.00)
Cubierta	Nieve (redistribución) 2	Uniforme	---	0.56 kN/m	EG: (0.00, 0.00, -1.00)
Cubierta	Carga permanente	Uniforme	---	0.49 kN/m	EG: (0.00, 0.00, -1.00)
Cubierta	Sobrecarga de uso	Uniforme	---	1.00 kN/m	EG: (0.00, 0.00, -1.00)
Cubierta	Viento a 0°, presion exterior tipo 1 sin acción en el interior	Faja	0.00/0.87 (R)	1.08 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Cubierta	Viento a 0°, presion exterior tipo 1 sin acción en el interior	Faja	0.87/1.00 (R)	0.21 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, -1.00)
Cubierta	Viento a 0°, presion exterior tipo 2 sin acción en el interior	Faja	0.00/0.87 (R)	1.03 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Cubierta	Viento a 0°, presion exterior tipo 2 sin acción en el interior	Faja	0.87/1.00 (R)	1.03 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)

Barra	Hipótesis	Tipo	Posición	Valor	Orientación
Cubierta	Viento a 90°, presion exterior tipo 1 sin acción en el interior	Faja	0.00/0.34 (R)	1.77 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Cubierta	Viento a 90°, presion exterior tipo 1 sin acción en el interior	Faja	0.34/1.00 (R)	1.46 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Cubierta	Viento a 90°, presion exterior tipo 1 sin acción en el interior	Uniforme	---	0.50 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Cubierta	Viento a 180°, presion exterior tipo 1 sin acción en el interior	Faja	0.00/0.13 (R)	3.02 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Cubierta	Viento a 180°, presion exterior tipo 1 sin acción en el interior	Faja	0.13/1.00 (R)	1.06 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Cubierta	Viento a 180°, presion exterior tipo 2 sin acción en el interior	Faja	0.00/0.13 (R)	0.03 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, -1.00)
Cubierta	Viento a 180°, presion exterior tipo 2 sin acción en el interior	Faja	0.13/1.00 (R)	0.03 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, -1.00)
Cubierta	Viento a 270°, presion exterior tipo 1 sin acción en el interior	Uniforme	---	1.09 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Cubierta	Nieve (estado inicial)	Uniforme	---	0.56 kN/m	EG: (0.00, 0.00, -1.00)
Cubierta	Nieve (redistribución) 1	Uniforme	---	0.56 kN/m	EG: (0.00, 0.00, -1.00)
Cubierta	Nieve (redistribución) 2	Uniforme	---	0.28 kN/m	EG: (0.00, 0.00, -1.00)

Pórticos del 5 al 10

Barra	Hipótesis	Tipo	Posición	Valor	Orientación
Pilar	Carga permanente	Uniforme	---	1.08 kN/m	EG: (0.00, 0.00, -1.00)
Pilar	Viento a 0°, presion exterior tipo 1 sin acción en el interior	Uniforme	---	2.62 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Pilar	Viento a 0°, presion exterior tipo 2 sin acción en el interior	Uniforme	---	2.62 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Pilar	Viento a 90°, presion exterior tipo 1 sin acción en el interior	Uniforme	---	1.84 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, -1.00)
Pilar	Viento a 180°, presion exterior tipo 1 sin acción en el interior	Uniforme	---	1.19 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, -1.00)
Pilar	Viento a 180°, presion exterior tipo 2 sin acción en el interior	Uniforme	---	1.19 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, -1.00)
Pilar	Viento a 270°, presion exterior tipo 1 sin acción en el interior	Uniforme	---	1.84 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, -1.00)
Pilar	Carga permanente	Uniforme	---	1.08 kN/m	EG: (0.00, 0.00, -1.00)
Pilar	Viento a 0°, presion exterior tipo 1 sin acción en el interior	Uniforme	---	1.19 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Pilar	Viento a 0°, presion exterior tipo 2 sin acción en el interior	Uniforme	---	1.19 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Pilar	Viento a 90°, presion exterior tipo 1 sin acción en el interior	Uniforme	---	1.84 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Pilar	Viento a 180°, presion exterior tipo 1 sin acción en el interior	Uniforme	---	2.62 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, -1.00)
Pilar	Viento a 180°, presion exterior tipo 2 sin acción en el interior	Uniforme	---	2.62 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, -1.00)
Pilar	Viento a 270°, presion exterior tipo 1 sin acción en el interior	Uniforme	---	1.84 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Cubierta	Carga permanente	Uniforme	---	0.97 kN/m	EG: (0.00, 0.00, -1.00)
Cubierta	Sobrecarga de uso	Uniforme	---	2.00 kN/m	EG: (0.00, 0.00, -1.00)
Cubierta	Viento a 0°, presion exterior tipo 1 sin acción en el interior	Faja	0.00/0.13 (R)	4.31 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Cubierta	Viento a 0°, presion exterior tipo 1 sin acción en el interior	Faja	0.13/1.00 (R)	2.13 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)

Barra	Hipótesis	Tipo	Posición	Valor	Orientación
Cubierta	Viento a 0°, presion exterior tipo 2 sin acción en el interior	Faja	0.00/0.13 (R)	0.05 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, -1.00)
Cubierta	Viento a 0°, presion exterior tipo 2 sin acción en el interior	Faja	0.13/1.00 (R)	0.05 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, -1.00)
Cubierta	Viento a 90°, presion exterior tipo 1 sin acción en el interior	Uniforme	---	2.18 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Cubierta	Viento a 180°, presion exterior tipo 1 sin acción en el interior	Faja	0.00/0.87 (R)	2.15 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Cubierta	Viento a 180°, presion exterior tipo 1 sin acción en el interior	Faja	0.87/1.00 (R)	0.42 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, -1.00)
Cubierta	Viento a 180°, presion exterior tipo 2 sin acción en el interior	Faja	0.00/0.87 (R)	2.05 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Cubierta	Viento a 180°, presion exterior tipo 2 sin acción en el interior	Faja	0.87/1.00 (R)	2.05 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Cubierta	Viento a 270°, presion exterior tipo 1 sin acción en el interior	Uniforme	---	2.18 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Cubierta	Nieve (estado inicial)	Uniforme	---	1.12 kN/m	EG: (0.00, 0.00, -1.00)
Cubierta	Nieve (redistribución) 1	Uniforme	---	0.56 kN/m	EG: (0.00, 0.00, -1.00)
Cubierta	Nieve (redistribución) 2	Uniforme	---	1.12 kN/m	EG: (0.00, 0.00, -1.00)
Cubierta	Carga permanente	Uniforme	---	0.97 kN/m	EG: (0.00, 0.00, -1.00)
Cubierta	Sobrecarga de uso	Uniforme	---	2.00 kN/m	EG: (0.00, 0.00, -1.00)
Cubierta	Viento a 0°, presion exterior tipo 1 sin acción en el interior	Faja	0.00/0.87 (R)	2.15 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Cubierta	Viento a 0°, presion exterior tipo 1 sin acción en el interior	Faja	0.87/1.00 (R)	0.42 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, -1.00)
Cubierta	Viento a 0°, presion exterior tipo 2 sin acción en el interior	Faja	0.00/0.87 (R)	2.05 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Cubierta	Viento a 0°, presion exterior tipo 2 sin acción en el interior	Faja	0.87/1.00 (R)	2.05 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Cubierta	Viento a 90°, presion exterior tipo 1 sin acción en el interior	Uniforme	---	2.18 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Cubierta	Viento a 180°, presion exterior tipo 1 sin acción en el interior	Faja	0.00/0.13 (R)	4.31 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Cubierta	Viento a 180°, presion exterior tipo 1 sin acción en el interior	Faja	0.13/1.00 (R)	2.13 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Cubierta	Viento a 180°, presion exterior tipo 2 sin acción en el interior	Faja	0.00/0.13 (R)	0.05 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, -1.00)
Cubierta	Viento a 180°, presion exterior tipo 2 sin acción en el interior	Faja	0.13/1.00 (R)	0.05 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, -1.00)
Cubierta	Viento a 270°, presion exterior tipo 1 sin acción en el interior	Uniforme	---	2.18 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Cubierta	Nieve (estado inicial)	Uniforme	---	1.12 kN/m	EG: (0.00, 0.00, -1.00)
Cubierta	Nieve (redistribución) 1	Uniforme	---	1.12 kN/m	EG: (0.00, 0.00, -1.00)
Cubierta	Nieve (redistribución) 2	Uniforme	---	0.56 kN/m	EG: (0.00, 0.00, -1.00)

Descripción de las abreviaturas:

R : Posición relativa a la longitud de la barra.

EG : Ejes de la carga coincidentes con los globales de la estructura.

EXB : Ejes de la carga en el plano de definición de la misma y con el eje X coincidente con la barra.

4 ESTRUCTURA METÁLICA

4.1 Correas

4.1.1 Correas de cubierta

Se detalla a continuación los datos de las correas de cubierta, en el que se utilizado un perfil CF-200x3.0 de acero conformado S235 con una separación entre correas de 0.9m.La flecha se ha limitado a L/300 , con un numero de vano igual a dos y con un tipo de fijación la cual ha sido rígida.Cype saca las correas en cubierta con la orientación equivocada por lo que mediante Autocad se les ha dado la vuelta quedando con la orientación correcta como muestra la figura de a continuación.

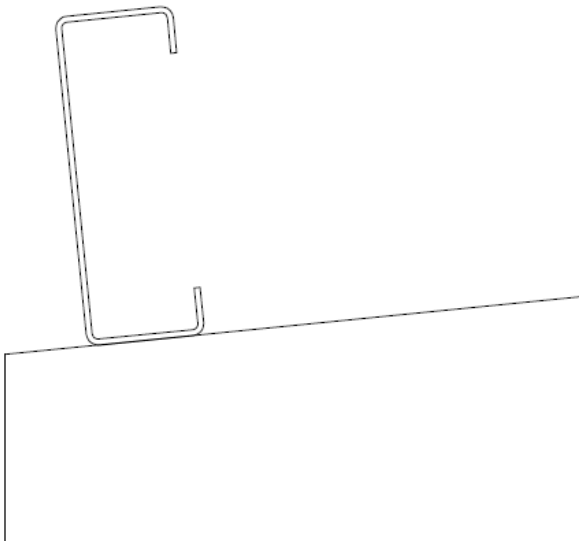


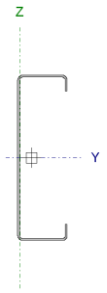
Figura 2.Orientacion correcta de la disposcion de las correas

4.1.1.1 Comprobación de resistencia

El perfil seleccionado cumple todas las comprobaciones con un aprovechamiento del 54.58%.

Barra pésima en cubierta

Perfil: CF-200x3.0
Material: S235



Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas					
Inicial	Final		Área (cm²)	I_y(1) (cm4)	I_z(1) (cm4)	I_t(2) (cm4)	y_g(3) (mm)	z_g(3) (mm)
0.871, 65.000, 8.087	0.871, 60.000, 8.087	5.000	10.20	588.29	45.90	0.31	-13.41	0.00

Notas:
(1) *Inercia respecto al eje indicado*
(2) *Momento de inercia a torsión uniforme*
(3) *Coordenadas del centro de gravedad*

	Pandeo		Pandeo lateral	
	Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.
β	0.00	1.00	0.00	0.00
L_K	0.000	5.000	0.000	0.000
C_1	-		1.000	

Notación:
β: Coeficiente de pandeo
L_K: Longitud de pandeo (m)
C_1: Factor de modificación para el momento crítico

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)													Estado
	b / t	$\bar{\lambda}$	N_t	N_c	M_y	M_z	M_yM_z	V_y	V_z	$N_tM_yM_z$	$N_cM_yM_z$	$NM_yM_zV_yV_z$	$M_tNM_yM_zV_yV_z$	
pésima en cubierta	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	N.P.(1)	N.P.(2)	N.P.(3)	x: 5 m η = 54.6	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 5 m η = 10.6	N.P.(7)	N.P.(8)	N.P.(9)	N.P.(10)	**CUMPLE η = 54.6**

Notación:
b / t: Relación anchura / espesor
$\bar{\lambda}$: Limitación de esbeltez
N_t: Resistencia a tracción
N_c: Resistencia a compresión
M_y: Resistencia a flexión. Eje Y
M_z: Resistencia a flexión. Eje Z
M_yM_z: Resistencia a flexión biaxial
V_y: Resistencia a corte Y
V_z: Resistencia a corte Z
$N_tM_yM_z$: Resistencia a tracción y flexión
$N_cM_yM_z$: Resistencia a compresión y flexión
$NM_yM_zV_yV_z$: Resistencia a cortante, axil y flexión
$M_tNM_yM_zV_yV_z$: Resistencia a torsión combinada con axil, flexión y cortante
x: Distancia al origen de la barra
η: Coeficiente de aprovechamiento (%)
N.P.: No procede

Comprobaciones que no proceden (N.P.):
(1) *La comprobación no procede, ya que no hay axil de compresión ni de tracción.*
(2) *La comprobación no procede, ya que no hay axil de tracción.*
(3) *La comprobación no procede, ya que no hay axil de compresión.*
(4) *La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.*
(5) *La comprobación no procede, ya que no hay flexión biaxial para ninguna combinación.*
(6) *La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.*
(7) *No hay interacción entre axil de tracción y momento flector para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.*
(8) *No hay interacción entre axil de compresión y momento flector para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.*
(9) *No hay interacción entre momento flector, axil y cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.*
(10) *La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.*

Relación anchura / espesor (CTE DB SE-A, Tabla 5.5 y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículo 5.2)

Se debe satisfacer:

h / t : ***62.7*** ✓

b / t : ***16.0*** ✓

c / t : ***4.7*** ✓

Los rigidizadores proporcionan suficiente rigidez, ya que se cumple:

c / b : *0.292*

Donde:

h: Altura del alma. **h** : *188.00* mm

b: Ancho de las alas. **b** : *48.00* mm

c: Altura de los rigidizadores. **c** : *14.00* mm

t: Espesor. **t** : *3.00* mm

Nota: Las dimensiones no incluyen el acuerdo entre elementos.

Resistencia a flexión. Eje Y (CTE DB SE-A y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículo 6.1.4.1)

Se debe satisfacer:

η : ***0.546*** ✓

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo 0.871, 60.000, 8.087, para la combinación de acciones 0.80*G1 + 0.80*G2 + 1.50*V(0°) H1.

$M_{y,Ed}$: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. $M_{y,Ed}^{+}$: *7.19* kN·m

Para flexión negativa:

$M_{y,Ed}$: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. $M_{y,Ed}^{-}$: *0.00* kN·m

La resistencia de cálculo a flexión $M_{c,Rd}$ viene dada por:

$M_{c,Rd}$: *13.17* kN·m

Donde:

W_{el}: Módulo resistente elástico correspondiente a la fibra de mayor tensión. W_{el} : *58.83* cm³

f_{yb}: Límite elástico del material base. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) f_{yb} : *235.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{M0} : *1.05*

Resistencia a corte Z (CTE DB SE-A y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículo 6.1.5)

Se debe satisfacer:

η : ***0.106*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo 0.871, 60.000, 8.087, para la combinación de acciones 0.80*G1 + 0.80*G2 + 1.50*V(0°) H1.

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. V_{Ed} : *8.00* kN

El esfuerzo cortante resistente de cálculo **$V_{b,Rd}$** viene dado por:

$V_{b,Rd}$: *75.69* kN

Donde:

h_w: Altura del alma. h_w : *194.36* mm

t: Espesor. **t** : *3.00* mm

ϕ: Ángulo que forma el alma con la horizontal. ϕ : *90.0* grados

f_{bv}: Resistencia a cortante, teniendo en cuenta el pandeo.

f_{bv} : *136.30* MPa

Siendo:

$\bar{\lambda}_w$: Esbeltez relativa del alma.

$\bar{\lambda}_w$: *0.75*

Donde:

f_{yb}: Límite elástico del material base. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) f_{yb} : *235.00* MPa

E: Módulo de elasticidad. **E** : *210000.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{M0} : *1.05*

4.1.1.2 Comprobación de flecha

El perfil seleccionado cumple todas las comprobaciones con respecto a flecha con un aprovechamiento de 32.63%.

Coordenadas del nudo inicial: 0.871, 65.000, 8.087
Coordenadas del nudo final: 0.871, 60.000, 8.087

4.1.2 Medición de correas

A continuación se muestra una medición y resumen de las correas en cubierta utilizadas para el cálculo de la nave.

Medición de correas			
Tipo de correas	Nº de correas	Peso lineal kg/m	Peso superficial kN/m²
Correas de cubierta	32	144.17	0.05

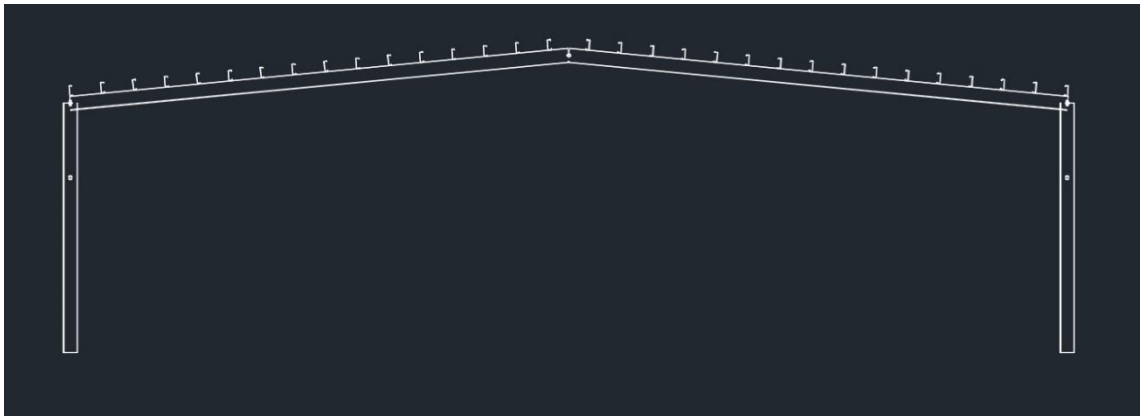


Figura 3.Correas de cubierta

4.2 Pórtico interior

Se muestra en la siguiente figura, el pórtico interior tipo de la nave ,con los perfiles IPE400 tanto en los pilares como en la cubierta.Se procederá posteriormente al cálculo y la comprobación de una jácena y un pilar de uno de los lados al ser el pórtico simétrico.

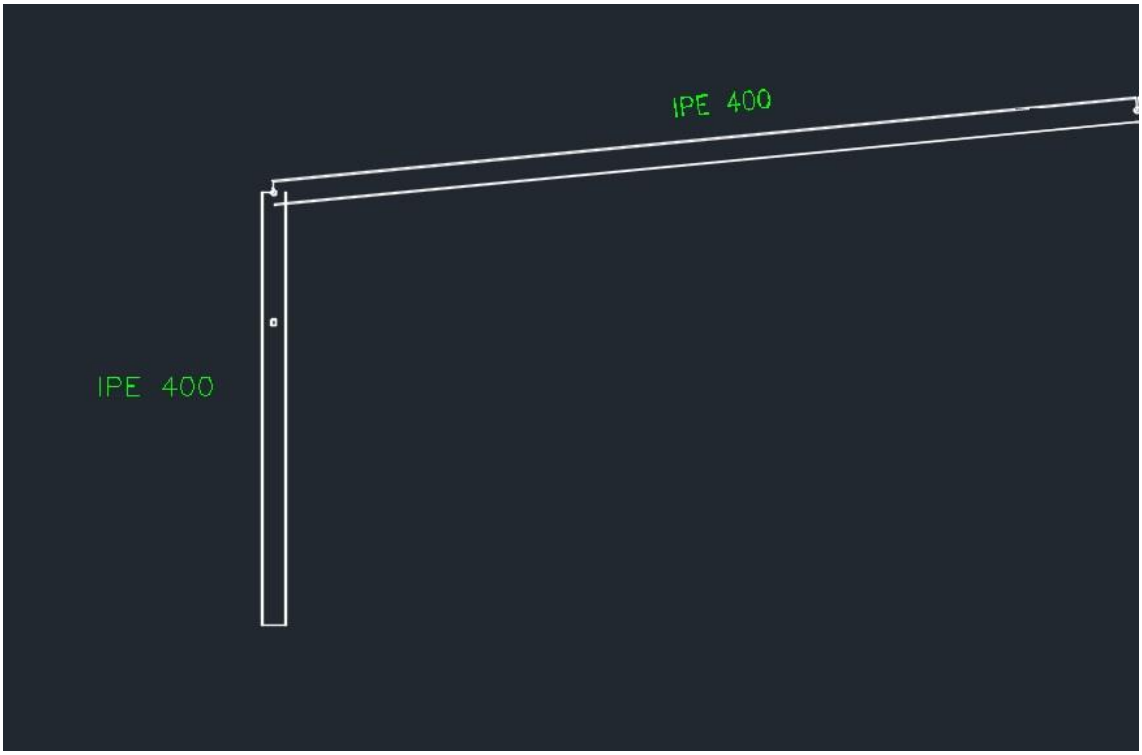


Figura 3.Pilar y jácena pórtico interior

4.2.1 Cálculo de Solicitaciones

- **Esfuerzos considerados**

Referencias:

N: Esfuerzo axil (kN)
Vy: Esfuerzo cortante según el eje local Y de la barra. (kN)
Vz: Esfuerzo cortante según el eje local Z de la barra. (kN)
Mt: Momento torsor (kN·m)
My: Momento flector en el plano 'XZ' (giro de la sección respecto al eje local 'Y' de la barra). (kN·m)
Mz: Momento flector en el plano 'XY' (giro de la sección respecto al eje local 'Z' de la barra). (kN·m)

4.2.1.1 Resultados de esfuerzos en barras

La tabla de a continuación muestra, los esfuerzos en las barras del pórtico interior según diferetes hipótesis .La barra N36/N37 y la barra N37/N40 corresponden a un perfil IPE400.

Esfuerzos en barras, por hipótesis											
Barra	Hipótesis	Esfuerzo	Posiciones en la barra								
			0.000 m	0.875 m	1.750 m	2.625 m	3.500 m	4.375 m	5.250 m	6.125 m	7.000 m
N36/N37	Peso propio	N	-35.111	-33.596	-32.081	-30.566	-29.052	-27.537	-26.022	-24.507	-22.992
		Vy	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001
		Vz	-19.829	-19.829	-19.829	-19.829	-19.829	-19.829	-19.829	-19.829	-19.829
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	-55.71	-38.36	-21.01	-3.66	13.69	31.04	48.39	65.74	83.09
		Mz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	Q	N	-28.128	-28.128	-28.128	-28.128	-28.128	-28.128	-28.128	-28.128	-28.128
		Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Vz	-25.222	-25.222	-25.222	-25.222	-25.222	-25.222	-25.222	-25.222	-25.222
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	-70.86	-48.80	-26.73	-4.66	17.41	39.48	61.55	83.62	105.69
		Mz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	V(0°) H1	N	33.245	33.245	33.245	33.245	33.245	33.245	33.245	33.245	33.245
		Vy	-0.003	-0.003	-0.003	-0.003	-0.003	-0.003	-0.003	-0.003	-0.003
		Vz	41.450	39.110	36.770	34.431	32.091	29.751	27.411	25.071	22.732
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	109.72	74.47	41.28	10.13	-18.98	-46.03	-71.04	-94.00	-114.92
		Mz	-0.02	-0.02	-0.02	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	0.00	0.00
	V(0°) H2	N	7.387	7.387	7.387	7.387	7.387	7.387	7.387	7.387	7.387
		Vy	-0.004	-0.004	-0.004	-0.004	-0.004	-0.004	-0.004	-0.004	-0.004
		Vz	31.754	29.414	27.074	24.734	22.395	20.055	17.715	15.375	13.035
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	98.63	71.87	47.16	24.49	3.87	-14.70	-31.22	-45.70	-58.13
		Mz	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.01	-0.01	-0.01	0.00	0.00
	V(90°) H1	N	31.549	31.549	31.549	31.549	31.549	31.549	31.549	31.549	31.549
		Vy	0.049	0.049	0.049	0.049	0.049	0.049	0.049	0.049	0.049
		Vz	19.285	20.941	22.598	24.254	25.910	27.566	29.222	30.879	32.535
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	65.38	47.78	28.73	8.23	-13.71	-37.11	-61.95	-88.25	-115.99
		Mz	0.34	0.30	0.26	0.21	0.17	0.13	0.09	0.04	0.00
	V(180°) H1	N	28.249	28.249	28.249	28.249	28.249	28.249	28.249	28.249	28.249
		Vy	-0.002	-0.002	-0.002	-0.002	-0.002	-0.002	-0.002	-0.002	-0.002
		Vz	15.222	16.258	17.294	18.330	19.366	20.402	21.438	22.474	23.510
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	39.57	25.79	11.12	-4.47	-20.96	-38.36	-56.66	-75.87	-95.99
		Mz	-0.02	-0.02	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	0.00	0.00	0.00
	V(180°) H2	N	22.413	22.413	22.413	22.413	22.413	22.413	22.413	22.413	22.413
		Vy	-0.003	-0.003	-0.003	-0.003	-0.003	-0.003	-0.003	-0.003	-0.003
		Vz	1.797	2.833	3.869	4.905	5.941	6.977	8.013	9.049	10.085

Esfuerzos en barras, por hipótesis											
Barra	Hipótesis	Esfuerzo	Posiciones en la barra								
			0.000 m	0.875 m	1.750 m	2.625 m	3.500 m	4.375 m	5.250 m	6.125 m	7.000 m
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	-13.29	-15.32	-18.25	-22.09	-26.83	-32.49	-39.04	-46.51	-54.88
		Mz	-0.02	-0.02	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	0.00	0.00	0.00
	V(270°) H1	N	31.549	31.549	31.549	31.549	31.549	31.549	31.549	31.549	31.549
		Vy	-0.046	-0.046	-0.046	-0.046	-0.046	-0.046	-0.046	-0.046	-0.046
		Vz	19.285	20.941	22.598	24.254	25.910	27.566	29.222	30.879	32.535
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	65.38	47.78	28.73	8.23	-13.71	-37.11	-61.95	-88.25	-115.99
		Mz	-0.32	-0.28	-0.24	-0.20	-0.16	-0.12	-0.08	-0.04	0.00
	N(EI)	N	-16.135	-16.135	-16.135	-16.135	-16.135	-16.135	-16.135	-16.135	-16.135
		Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Vz	-14.468	-14.468	-14.468	-14.468	-14.468	-14.468	-14.468	-14.468	-14.468
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	-40.65	-27.99	-15.33	-2.67	9.99	22.65	35.31	47.97	60.63
		Mz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	N(R) 1	N	-9.883	-9.883	-9.883	-9.883	-9.883	-9.883	-9.883	-9.883	-9.883
		Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Vz	-10.851	-10.851	-10.851	-10.851	-10.851	-10.851	-10.851	-10.851	-10.851
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	-33.31	-23.82	-14.32	-4.83	4.67	14.16	23.65	33.15	42.64
		Mz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	N(R) 2	N	-14.320	-14.320	-14.320	-14.320	-14.320	-14.320	-14.320	-14.320	-14.320
		Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Vz	-10.851	-10.851	-10.851	-10.851	-10.851	-10.851	-10.851	-10.851	-10.851
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	-27.66	-18.17	-8.67	0.82	10.32	19.81	29.30	38.80	48.29
		Mz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Esfuerzos en barras, por hipótesis											
Barra	Hipótesis	Esfuerzo	Posiciones en la barra								
			0.000 m	1.406 m	3.516 m	4.922 m	7.032 m	9.142 m	10.548 m	12.658 m	14.064 m
N37/N40	Peso propio	N	-21.848	-21.637	-21.320	-21.110	-20.793	-20.477	-20.266	-19.950	-19.739
		Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Vz	-20.123	-17.922	-14.619	-12.418	-9.116	-5.814	-3.613	-0.311	1.891
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	-83.09	-56.34	-22.01	-3.00	19.71	35.46	42.09	46.23	45.12
		Mz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	Q	N	-27.789	-27.521	-27.118	-26.850	-26.448	-26.046	-25.777	-25.375	-25.107

Esfuerzos en barras, por hipótesis											
Barra	Hipótesis	Esfuerzo	Posiciones en la barra								
			0.000 m	1.406 m	3.516 m	4.922 m	7.032 m	9.142 m	10.548 m	12.658 m	14.064 m
		Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Vz	-25.595	-22.795	-18.595	-15.795	-11.595	-7.395	-4.595	-0.395	2.405
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	-105.69	-71.66	-28.00	-3.82	25.07	45.11	53.54	58.80	57.39
		Mz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	V(0°) H1	N	25.798	25.798	25.798	25.798	25.798	25.798	25.798	25.798	25.798
		Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Vz	30.926	24.637	19.351	16.232	11.553	6.875	3.755	-0.923	-4.042
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	114.92	75.84	30.00	4.98	-24.33	-43.76	-51.24	-54.23	-50.73
		Mz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	V(0°) H2	N	13.680	13.680	13.680	13.680	13.680	13.680	13.680	13.680	13.680
		Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Vz	6.110	6.161	6.236	6.286	6.361	6.437	6.487	6.562	6.612
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	58.13	49.50	36.43	27.62	14.28	0.78	-8.31	-22.07	-31.34
		Mz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	V(90°) H1	N	35.395	35.395	35.395	35.395	35.395	35.395	35.395	35.395	35.395
		Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Vz	28.303	25.134	20.380	17.210	12.456	7.702	4.533	-0.221	-3.390
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	115.99	78.41	30.41	3.97	-27.32	-48.58	-57.19	-61.74	-59.20
		Mz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	V(180°) H1	N	26.096	26.096	26.096	26.096	26.096	26.096	26.096	26.096	26.096
		Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Vz	25.879	22.735	18.018	14.874	10.158	5.442	2.297	-1.692	-0.928
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	95.99	61.81	18.82	-4.31	-30.71	-47.17	-52.61	-52.58	-50.73
		Mz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	V(180°) H2	N	12.176	12.176	12.176	12.176	12.176	12.176	12.176	12.176	12.176
		Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Vz	21.349	18.306	13.740	10.696	6.130	1.564	-1.479	-6.045	-9.089
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	54.88	27.00	-6.81	-23.99	-41.74	-49.85	-49.91	-41.98	-31.34
		Mz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	V(270°) H1	N	35.395	35.395	35.395	35.395	35.395	35.395	35.395	35.395	35.395
		Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Vz	28.303	25.134	20.380	17.210	12.456	7.702	4.533	-0.221	-3.390
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	115.99	78.41	30.41	3.97	-27.32	-48.58	-57.19	-61.74	-59.20
		Mz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	N(EI)	N	-15.940	-15.787	-15.556	-15.402	-15.171	-14.940	-14.787	-14.556	-14.402

Esfuerzos en barras, por hipótesis											
Barra	Hipótesis	Esfuerzo	Posiciones en la barra								
			0.000 m	1.406 m	3.516 m	4.922 m	7.032 m	9.142 m	10.548 m	12.658 m	14.064 m
		Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Vz	-14.682	-13.076	-10.667	-9.060	-6.651	-4.242	-2.636	-0.227	1.379
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	-60.63	-41.11	-16.06	-2.19	14.38	25.87	30.71	33.73	32.92
		Mz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	N(R) 1	N	-11.744	-11.667	-11.551	-11.475	-11.359	-11.244	-11.167	-11.051	-10.975
		Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Vz	-8.803	-8.000	-6.795	-5.992	-4.788	-3.583	-2.780	-1.575	-0.772
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	-42.64	-30.83	-15.22	-6.23	5.14	13.97	18.44	23.04	24.69
		Mz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	N(R) 2	N	-12.167	-12.013	-11.782	-11.628	-11.398	-11.167	-11.013	-10.782	-10.628
		Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Vz	-13.220	-11.614	-9.205	-7.599	-5.189	-2.780	-1.174	1.235	2.841
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	-48.29	-30.83	-8.87	2.95	16.43	24.84	27.62	27.56	24.69
		Mz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

4.2.2.2 Comprobacion de Flechas

A continuación se muestra la comprobación de las flechas de las dos tipos de barra N63/N37,perfil IPE400 correspondiente al pilar del pórtico interior, y barra N37/N40,perfil IPE400,correspondiente a la jácena del pórtico interior.

Referencias:

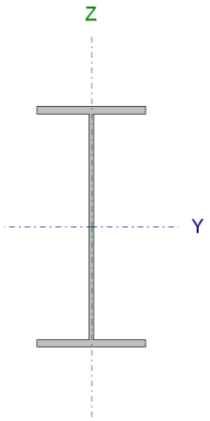
Pos.: Valor de la coordenada sobre el eje 'X' local del grupo de flecha en el punto donde se produce el valor pésimo de la flecha.
L.: Distancia entre dos puntos de corte consecutivos de la deformada con la recta que une los nudos extremos del grupo de flecha.

Flechas								
Grupo	Flecha máxima absoluta xy Flecha máxima relativa xy		Flecha máxima absoluta xz Flecha máxima relativa xz		Flecha activa absoluta xy Flecha activa relativa xy		Flecha activa absoluta xz Flecha activa relativa xz	
	Pos. (m)	Flecha (mm)	Pos. (m)	Flecha (mm)	Pos. (m)	Flecha (mm)	Pos. (m)	Flecha (mm)
N36/N37	7.000 7.000	2.01 L/(>1000)	7.000 7.000	20.08 L/348.6	7.000 7.000	3.93 L/(>1000)	7.000 7.000	38.63 L/348.7
N37/N40	6.329 -	0.00 L/(>1000)	9.142 9.845	21.17 L/531.4	6.329 -	0.00 L/(>1000)	8.438 9.845	38.64 L/531.7

4.2.2 Comprobaciones E.L.U

Se procede ahora a la comprobación del Estado Limite Último de la barra N36/N37.Esta barra corresponde a un perfil IPE400 de acero laminado s275.

Perfil: IPE 400
Material: Acero (S275)



Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas			
Inicial	Final		Área (cm²)	I_y (1) (cm4)	I_z (1) (cm4)	I_t (2) (cm4)
N36	N37	7.000	84.50	23130.00	1318.00	51.08

Notas:
(1) Inercia respecto al eje indicado
(2) Momento de inercia a torsión uniforme

	Pandeo		Pandeo lateral	
	Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.
β	0.70	1.43	0.00	0.00
L_K	4.900	10.003	0.000	0.000
C_m	1.000	0.900	1.000	1.000
C_1	-		1.000	

Notación:
β: Coeficiente de pandeo
L_K: Longitud de pandeo (m)
C_m: Coeficiente de momentos
C_1: Factor de modificación para el momento crítico

Limitación de esbeltez (CTE DB SE-A, Artículos 6.3.1 y 6.3.2.1 - Tabla 6.3)

La esbeltez reducida $\bar{\lambda}$ de las barras comprimidas debe ser inferior al valor 2.0.

$\bar{\lambda}$: ***1.40*** ✓

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección. **Clase** : *4*

A_{ef}: Área de la sección eficaz para las secciones de clase 4. **A_{ef}** : *80.91* cm²

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y** : *275.00* MPa

N_{cr}: Axil crítico de pandeo elástico. **N_{cr}** : *1137.74* kN

El axil crítico de pandeo elástico **N_{cr}** es el menor de los valores obtenidos en a), b) y c):

a) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y. **$N_{cr,y}$** : *4791.09* kN

b) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z. **$N_{cr,z}$** : *1137.74* kN

c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión. $N_{cr,T}$: ∞

Donde:

I_y: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Y.	I_y :	*23130.00*	cm4
I_z: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z.	I_z :	*1318.00*	cm4
I_t: Momento de inercia a torsión uniforme.	I_t :	*51.08*	cm4
I_w: Constante de alabeo de la sección.	I_w :	*490000.00*	cm6
E: Módulo de elasticidad.	**E** :	*210000*	MPa
G: Módulo de elasticidad transversal.	**G** :	*81000*	MPa
L_{ky}: Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Y.	L_{ky} :	*10.003*	m
L_{kz}: Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Z.	L_{kz} :	*4.900*	m
L_{kt}: Longitud efectiva de pandeo por torsión.	L_{kt} :	*0.000*	m
i_0: Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión.	i_0 :	*17.01*	cm

Siendo:

i_y , i_z: Radios de giro de la sección bruta, respecto a los ejes principales de inercia Y y Z.	i_y :	*16.54*	cm
	i_z :	*3.95*	cm
y_0 , z_0: Coordenadas del centro de torsión en la dirección de los ejes principales Y y Z, respectivamente, relativas al centro de gravedad de la sección.	y_0 :	*0.00*	mm
	z_0 :	*0.00*	mm

<u>Abolladura del alma inducida por el ala comprimida</u> (Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: Eurocódigo 3 EN 1993-1-5: 2006, Artículo 8)

Se debe satisfacer:

$$43.37 \leq 263.21 \checkmark$$

Donde:

h_w: Altura del alma.	h_w :	*373.00*	mm
t_w: Espesor del alma.	t_w :	*8.60*	mm
A_w: Área del alma.	A_w :	*32.08*	cm²

$A_{fc,ef}$: Área reducida del ala comprimida. — **$A_{fc,ef}$** : *24.30* cm²

k: Coeficiente que depende de la clase de la sección. — **k** : *0.30*

E: Módulo de elasticidad. — **E** : *210000* MPa

f_{yf}: Límite elástico del acero del ala comprimida. — **f_{yf}** : *275.00* MPa

Siendo:

Resistencia a tracción (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3)

Se debe satisfacer:

η : ***0.014*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N37, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(0°)H1.

$N_{t,Ed}$: Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo. — **$N_{t,Ed}$** : *31.47* kN

La resistencia de cálculo a tracción **$N_{t,Rd}$** viene dada por:

$N_{t,Rd}$: *2213.10* kN

Donde:

A: Área bruta de la sección transversal de la barra. — **A** : *84.50* cm²

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. — **f_{yd}** : *261.90* MPa

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) — **f_y** : *275.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. — **γ_{M0}** : *1.05*

Resistencia a compresión (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5)

Se debe satisfacer:

η : ***0.042*** ✓

η : ***0.111*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N36, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q.

$N_{c,Ed}$: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo. — $N_{c,Ed}$: *89.59* kN

La resistencia de cálculo a compresión **$N_{c,Rd}$** viene dada por:

$N_{c,Rd}$: *2119.16* kN

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección. — **Clase** : *4*

A_{ef}: Área de la sección eficaz para las secciones de clase 4. — A_{ef} : *80.91* cm²

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. — f_{yd} : *261.90* MPa

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) — f_y : *275.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. — γ_{M0} : *1.05*

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.2)

La resistencia de cálculo a pandeo **$N_{b,Rd}$** en una barra comprimida viene dada por:

$N_{b,Rd}$: *810.24* kN

Donde:

A_{ef}: Área de la sección eficaz para las secciones de clase 4. — A_{ef} : *80.91* cm²

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. f_{yd} : 261.90 MPa

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) f_y : 275.00 MPa

γ_{M1}: Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{M1} : 1.05

χ: Coeficiente de reducción por pandeo.

χ_y : 0.86

χ_z : 0.38

Siendo:

ϕ_y : 0.78

ϕ_z : 1.68

α: Coeficiente de imperfección elástica. α_y : 0.21

α_z : 0.34

$\bar{\lambda}$: Esbeltez reducida.

$\bar{\lambda}_y$: 0.68

$\bar{\lambda}_z$: 1.40

N_{cr}: Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores: N_{cr} : 1137.74 kN

$N_{cr,y}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y. $N_{cr,y}$: 4791.09 kN

$N_{cr,z}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z. $N_{cr,z}$: 1137.74 kN

$N_{cr,T}$: Axil crítico elástico de pandeo por torsión. $N_{cr,T}$: ∞

Resistencia a flexión eje Y (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

η : ***0.791*** ✓

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N37, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q.

M_{Ed}^+: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. **M_{Ed}^+** : *270.70* kN·m

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N37, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(90°)H1.

M_{Ed}^-: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. **M_{Ed}^-** : *107.51* kN·m

El momento flector resistente de cálculo **$M_{c,Rd}$** viene dado por:

$M_{c,Rd}$: *342.31* kN·m

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple. **Clase** : *1*

$W_{pl,y}$: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2. **$W_{pl,y}$** : *1307.00* cm³

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. **f_{yd}** : *261.90* MPa

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y** : *275.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. **γ_{M0}** : *1.05*

Resistencia a flexión eje Z (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

η : ***0.008*** ✓

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N36, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(90°)H1.

M_{Ed}^+: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. **M_{Ed}^+** : *0.51* kN·m

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N36, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(270°)H1+0.75·N(EI).

M_{Ed}^-: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. **M_{Ed}^-** : *0.49* kN·m

El momento flector resistente de cálculo **$M_{c,Rd}$** viene dado por:

$M_{c,Rd}$: *59.98* kN·m

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple. **Clase** : *1*

$W_{pl,z}$: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2. **$W_{pl,z}$** : *229.00* cm³

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. **f_{yd}** : *261.90* MPa

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y** : *275.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. **γ_{M0}** : *1.05*

<u>Resistencia a corte Z</u> (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

η : ***0.124*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q.

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. **V_{Ed}** : *64.60* kN

El esfuerzo cortante resistente de cálculo **$V_{c,Rd}$** viene dado por:

$V_{c,Rd}$: *520.17* kN

Donde:

A_v: Área transversal a cortante. **A_v** : *34.40* cm²

Siendo:

h: Canto de la sección. **h** : *400.00* mm

t_w: Espesor del alma. **t_w** : *8.60* mm

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. **f_{yd}** : *261.90* MPa

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) — f_y : *275.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. — γ_{M0} : *1.05*

Abolladura por cortante del alma: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.4)

Aunque no se han dispuesto rigidizadores transversales, no es necesario comprobar la resistencia a la abolladura del alma, puesto que se cumple:

43.37 < **64.71** ✓

Donde:

λ_w: Esbeltez del alma. — λ_w : *43.37*

$\lambda_{máx}$: Esbeltez máxima. — $\lambda_{máx}$: *64.71*

ε: Factor de reducción. — ε : *0.92*

Siendo:

f_{ref}: Límite elástico de referencia. — f_{ref} : *235.00* MPa

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) — f_y : *275.00* MPa

Resistencia a corte Y (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

η < ***0.001*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(90°)H1.

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. — V_{Ed} : *0.07* kN

El esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{c,Rd}$ viene dado por:

$V_{c,Rd}$: *792.68* kN

Donde:

A_v: Área transversal a cortante. A_v : *52.42* cm²

Siendo:

A: Área de la sección bruta. A : *84.50* cm²

d: Altura del alma. d : *373.00* mm

t_w: Espesor del alma. t_w : *8.60* mm

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. f_{yd} : *261.90* MPa

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) f_y : *275.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{M0} : *1.05*

Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo V_{Ed} no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante $V_{c,Rd}$.

64.60 kN ≤ 260.08 kN ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q.

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. V_{Ed} : *64.60* kN

$V_{c,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. $V_{c,Rd}$: *520.17* kN

Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo V_{Ed} no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante $V_{c,Rd}$.

0.07 kN ≤ 396.34 kN ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N36, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(90°)H1.

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. **V_{Ed}** : *0.07* kN

$V_{c,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. **$V_{c,Rd}$** : *792.68* kN

Resistencia a flexión y axil combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

η : ***0.824*** ✓

η : ***0.764*** ✓

η : ***0.525*** ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N37, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q.

Donde:

$N_{c,Ed}$: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo. **$N_{c,Ed}$** : *73.23* kN

$M_{y,Ed}$, $M_{z,Ed}$: Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente. **$M_{y,Ed}^+$** : *270.70* kN·m; **$M_{z,Ed}^+$** : *0.00* kN·m

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de sus elementos planos, para axil y flexión simple. **Clase** : *1*

$N_{pl,Rd}$: Resistencia a compresión de la sección bruta. **$N_{pl,Rd}$** : *2213.10* kN

$M_{pl,Rd,y}$, $M_{pl,Rd,z}$: Resistencia a flexión de la sección bruta en condiciones plásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente. **$M_{pl,Rd,y}$** : *342.31* kN·m; **$M_{pl,Rd,z}$** : *59.98* kN·m

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.2)

A: Área de la sección bruta. **A** : *84.50* cm²

$W_{pl,y}$, $W_{pl,z}$: Módulos resistentes plásticos correspondientes a la fibra comprimida, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente. **$W_{pl,y}$** : *1307.00* cm³; **$W_{pl,z}$** : *229.00* cm³

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. **f_{yd}** : *261.90* MPa

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y** : *275.00* MPa

γ_{M1}: Coeficiente parcial de seguridad del material. **γ_{M1}** : *1.05*

k_y, k_z: Coeficientes de interacción.

k_y : *1.02*

k_z : *1.13*

$C_{m,y}$, $C_{m,z}$: Factores de momento flector uniforme equivalente.

$C_{m,y}$: *0.90*

$C_{m,z}$: *1.00*

χ_y, χ_z: Coeficientes de reducción por pandeo, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.

χ_y : *0.85*

χ_z : *0.37*

$\bar{\lambda}_y$, $\bar{\lambda}_z$: Esbelteces reducidas con valores no mayores que 1.00, en relación a los ejes Y y Z, respectivamente.

$\bar{\lambda}_y$: *0.70*

$\bar{\lambda}_z$: *1.43*

α_y, α_z: Factores dependientes de la clase de la sección.

α_y : *0.60*

α_z : *0.60*

<u>Resistencia a flexión, axil y cortante combinados</u> (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir las resistencias de cálculo a flexión y a axil, ya que se puede ignorar el efecto de abolladura por esfuerzo cortante y, además, el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo $\mathbf{V_{Ed}}$ es menor o igual que el 50% del esfuerzo cortante resistente de cálculo $\mathbf{V_{c,Rd}}$.

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q.

64.60 kN ≤ 260.08 kN ✓

Donde:

$\mathbf{V_{Ed,z}}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

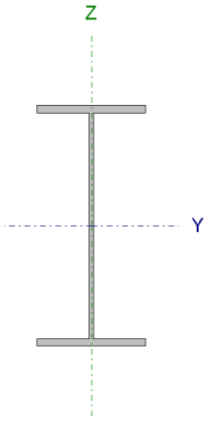
$\mathbf{V_{Ed,z}}$: *64.60* kN

$\mathbf{V_{c,Rd,z}}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$\mathbf{V_{c,Rd,z}}$: *520.17* kN

A continuación se muestra el Estado Limite Último de la Barra N37/N40, correspondiente a un perfil IPE400 de la jácena del pórtico interior de la nave de acero laminado S275.

Perfil: IPE 400
Material: Acero (S275)



Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas			
Inicial	Final		Área (cm²)	I_y(1) (cm4)	I_z(1) (cm4)	I_t(2) (cm4)
N37	N40	14.064	84.50	23130.00	1318.00	51.08

Notas:
(1) Inercia respecto al eje indicado
(2) Momento de inercia a torsión uniforme

	Pandeo		Pandeo lateral	
	Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.
β	0.00	1.99	0.00	0.00
L_K	0.000	28.000	0.000	0.000
C_m	1.000	0.900	1.000	1.000
C_1	-		1.000	

Notación:
β: Coeficiente de pandeo
L_K: Longitud de pandeo (m)
C_m: Coeficiente de momentos
C_1: Factor de modificación para el momento crítico

Limitación de esbeltez (CTE DB SE-A, Artículos 6.3.1 y 6.3.2.1 - Tabla 6.3)

La esbeltez reducida $\bar{\lambda}$ de las barras comprimidas debe ser inferior al valor 2.0.

$\bar{\lambda}$: ***1.91*** ✓

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección. **Clase** : *4*

A_{ef}: Área de la sección eficaz para las secciones de clase 4. **A_{ef}** : *80.91* cm²

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y** : *275.00* MPa

N_{cr}: Axil crítico de pandeo elástico. **N_{cr}** : *611.47* kN

El axil crítico de pandeo elástico **N_{cr}** es el menor de los valores obtenidos en a), b) y c):

a) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y. **$N_{cr,y}$** : *611.47* kN

b) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z. **$N_{cr,z}$** : ∞

c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión. **$N_{cr,T}$** : ∞

Donde:

I_y: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Y.	**I_y** :	*23130.00*	cm4
I_z: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z.	**I_z** :	*1318.00*	cm4
I_t: Momento de inercia a torsión uniforme.	**I_t** :	*51.08*	cm4
I_w: Constante de alabeo de la sección.	**I_w** :	*490000.00*	cm6
E: Módulo de elasticidad.	**E** :	*210000*	MPa
G: Módulo de elasticidad transversal.	**G** :	*81000*	MPa
L_{ky}: Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Y.	**L_{ky}** :	*28.000*	m
L_{kz}: Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Z.	**L_{kz}** :	*0.000*	m
L_{kt}: Longitud efectiva de pandeo por torsión.	**L_{kt}** :	*0.000*	m
i_0: Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión.	**i_0** :	*17.01*	cm

Siendo:

i_y , i_z: Radios de giro de la sección bruta, respecto a los ejes principales de inercia Y y Z.	**i_y** :	*16.54*	cm
	i_z :	*3.95*	cm
y_0 , z_0: Coordenadas del centro de torsión en la dirección de los ejes principales Y y Z, respectivamente, relativas al centro de gravedad de la sección.	**y_0** :	*0.00*	mm
	z_0 :	*0.00*	mm

<u>Abolladura del alma inducida por el ala comprimida</u> (Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: Eurocódigo 3 EN 1993-1-5: 2006, Artículo 8)

Se debe satisfacer:

43.37 ≤ 263.21 ✓

Donde:

h_w: Altura del alma.	**h_w** :	*373.00*	mm
t_w: Espesor del alma.	**t_w** :	*8.60*	mm
A_w: Área del alma.	**A_w** :	*32.08*	cm²
$A_{fc,ef}$: Área reducida del ala comprimida.	**$A_{fc,ef}$** :	*24.30*	cm²
k: Coeficiente que depende de la clase de la sección.	**k** :	*0.30*	
E: Módulo de elasticidad.	**E** :	*210000*	MPa
f_{yf}: Límite elástico del acero del ala comprimida.	**f_{yf}** :	*275.00*	MPa

Siendo:

Resistencia a tracción (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3)

Se debe satisfacer:

η : ***0.017*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N40, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(90°)H1.

$N_{t,Ed}$: Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo. **$N_{t,Ed}$** : *37.30* kN

La resistencia de cálculo a tracción **$N_{t,Rd}$** viene dada por:

$N_{t,Rd}$: *2213.10* kN

Donde:

A: Área bruta de la sección transversal de la barra. **A** : *84.50* cm²

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. **f_{yd}** : *261.90* MPa

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y** : *275.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. **γ_{M0}** : *1.05*

Resistencia a compresión (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5)

Se debe satisfacer:

η : ***0.034*** ✓

η : ***0.138*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N37, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q.

$N_{c,Ed}$: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo. **$N_{c,Ed}$** : *71.18* kN

La resistencia de cálculo a compresión **$N_{c,Rd}$** viene dada por:

$N_{c,Rd}$: *2119.16* kN

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección. **Clase** : *4*

A_{ef}: Área de la sección eficaz para las secciones de clase 4. **A_{ef}** : *80.91* cm²

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. **f_{yd}** : *261.90* MPa

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y** : *275.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. **γ_{M0}** : *1.05*

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.2)

La resistencia de cálculo a pandeo **$N_{b,Rd}$** en una barra comprimida viene dada por:

$N_{b,Rd}$: *515.27* kN

Donde:

A_{ef}: Área de la sección eficaz para las secciones de clase 4. **A_{ef}** : *80.91* cm²

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. **f_{yd}** : *261.90* MPa

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y** : *275.00* MPa

γ_{M1}: Coeficiente parcial de seguridad del material. **γ_{M1}** : *1.05*

χ: Coeficiente de reducción por pandeo.

χ_y : *0.24*

Siendo:

ϕ_y : *2.50*

α: Coeficiente de imperfección elástica. α_y : *0.21*

$\bar{\lambda}$: Esbeltez reducida.

$\bar{\lambda}_y$: *1.91*

N_{cr}: Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores: **N_{cr}** : *611.47* kN

$N_{cr,y}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y. **$N_{cr,y}$** : *611.47* kN

$N_{cr,z}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z. **$N_{cr,z}$** : ∞

$N_{cr,T}$: Axil crítico elástico de pandeo por torsión. **$N_{cr,T}$** : ∞

<u>Resistencia a flexión eje Y</u> (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

η : ***0.791*** ✓

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N37, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(90°)H1.

M_{Ed}^+: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. **M_{Ed}^+** : *107.51* kN·m

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N37, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q.

M_{Ed}^-: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. **M_{Ed}^-** : *270.70* kN·m

El momento flector resistente de cálculo **$M_{c,Rd}$** viene dado por:

$M_{c,Rd}$: *342.31* kN·m

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple. **Clase** : *1*

$\mathbf{W_{pl,y}}$: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2. $\mathbf{W_{pl,y}}$: *1307.00* cm³

$\mathbf{f_{yd}}$: Resistencia de cálculo del acero. $\mathbf{f_{yd}}$: *261.90* MPa

Siendo:

$\mathbf{f_y}$: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $\mathbf{f_y}$: *275.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{M0} : *1.05*

Resistencia a corte Z (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

η : ***0.126*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N37, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q.

$\mathbf{V_{Ed}}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{V_{Ed}}$: *65.56* kN

El esfuerzo cortante resistente de cálculo $\mathbf{V_{c,Rd}}$ viene dado por:

$\mathbf{V_{c,Rd}}$: *520.17* kN

Donde:

$\mathbf{A_v}$: Área transversal a cortante. $\mathbf{A_v}$: *34.40* cm²

Siendo:

h: Canto de la sección. **h** : *400.00* mm

$\mathbf{t_w}$: Espesor del alma. $\mathbf{t_w}$: *8.60* mm

$\mathbf{f_{yd}}$: Resistencia de cálculo del acero. $\mathbf{f_{yd}}$: *261.90* MPa

Siendo:

$\mathbf{f_y}$: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $\mathbf{f_y}$: *275.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{M0} : *1.05*

Abolladura por cortante del alma: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.4)

Aunque no se han dispuesto rigidizadores transversales, no es necesario comprobar la resistencia a la abolladura del alma, puesto que se cumple:

43.37 < **64.71** ✓

Donde:

λ_w: Esbeltez del alma. λ_w : *43.37*

$\lambda_{máx}$: Esbeltez máxima. $\lambda_{máx}$: *64.71*

ε: Factor de reducción. ε : *0.92*

Siendo:

f_{ref}: Límite elástico de referencia. f_{ref} : *235.00* MPa

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) f_y : *275.00* MPa

<u>Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados</u> (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo V_{Ed} no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante $V_{c,Rd}$.

65.56 kN ≤ **260.08 kN** ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q.

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. V_{Ed} : *65.56* kN

$V_{c,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. $V_{c,Rd}$: *520.17* kN

Resistencia a flexión y axil combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

η : ***0.823*** ✓

η : ***0.928*** ✓

η : ***0.506*** ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N37, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q.

Donde:

$N_{c,Ed}$: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo. — $N_{c,Ed}$: *71.18* kN

$M_{y,Ed}$, $M_{z,Ed}$: Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente. — $M_{y,Ed}^-$: *270.70* kN·m; $M_{z,Ed}^+$: *0.00* kN·m

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de sus elementos planos, para axil y flexión simple. — **Clase** : *1*

$N_{pl,Rd}$: Resistencia a compresión de la sección bruta. — $N_{pl,Rd}$: *2213.10* kN

$M_{pl,Rd,y}$, $M_{pl,Rd,z}$: Resistencia a flexión de la sección bruta en condiciones plásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente. — $M_{pl,Rd,y}$: *342.31* kN·m; $M_{pl,Rd,z}$: *59.98* kN·m

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.2)

A: Área de la sección bruta. — **A** : *84.50* cm²

$W_{pl,y}$, $W_{pl,z}$: Módulos resistentes plásticos correspondientes a la fibra comprimida, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente. — $W_{pl,y}$: *1307.00* cm³; $W_{pl,z}$: *229.00* cm³

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. — f_{yd} : *261.90* MPa

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) — f_y : *275.00* MPa

γ_{M1}: Coeficiente parcial de seguridad del material. — γ_{M1} : *1.05*

k_y, k_z: Coeficientes de interacción.

k_y : *1.11*

k_z : *1.00*

$C_{m,y}$, $C_{m,z}$: Factores de momento flector uniforme equivalente.

$C_{m,y}$: *0.90*
$C_{m,z}$: *1.00*

χ_y, χ_z: Coeficientes de reducción por pandeo, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.

χ_y : *0.23*
χ_z : *1.00*

$\bar{\lambda}_y$, $\bar{\lambda}_z$: Esbelteces reducidas con valores no mayores que 1.00, en relación a los ejes Y y Z, respectivamente.

$\bar{\lambda}_y$: *1.95*
$\bar{\lambda}_z$: *0.00*

α_y, α_z: Factores dependientes de la clase de la sección.

α_y : *0.60*
α_z : *0.60*

<u>Resistencia a flexión, axil y cortante combinados</u> (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir las resistencias de cálculo a flexión y a axil, ya que se puede ignorar el efecto de abolladura por esfuerzo cortante y, además, el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo $\mathbf{V_{Ed}}$ es menor o igual que el 50% del esfuerzo cortante resistente de cálculo $\mathbf{V_{c,Rd}}$.

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q.

65.56 kN ≤ 260.08 kN ✓

Donde:

$\mathbf{V_{Ed,z}}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$V_{Ed,z}$: *65.56* kN

$\mathbf{V_{c,Rd,z}}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$V_{c,Rd,z}$: *520.17* kN

4.3 Pórtico de fachada

En este apartado se va a proceder a la comprobación de la estructura del pórtico de fachada. Este tiene 3 tipos de pilares distintos como muestra la tabla de a continuación. El material utilizado es acero laminado S275.

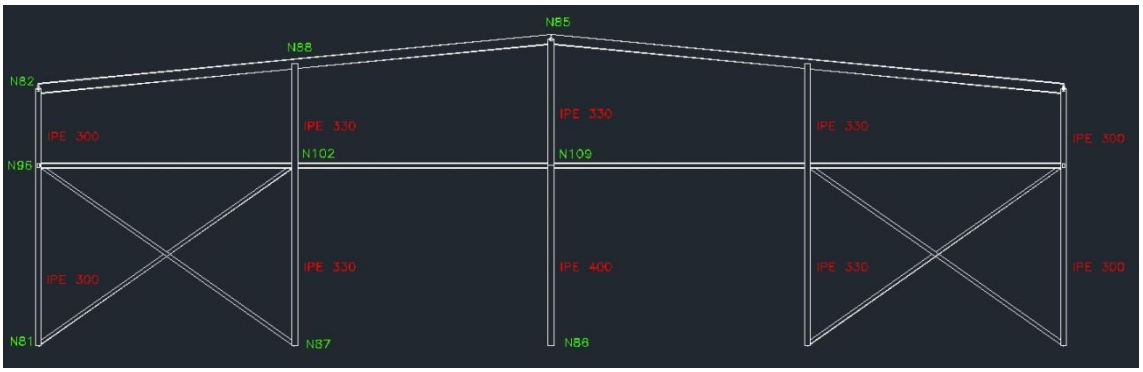


Figura 1.Estructura del pórtico de fachada trasero y frontal

Descripción									
Material		Barra (Ni/Nf)	Pieza (Ni/Nf)	Perfil(Serie)	Longitud (m)	β_{xy}	β_{xz}	$Lb_{Sup.}$ (m)	$Lb_{Inf.}$ (m)
Tipo	Designación								
Acero laminado	S275	N109/N85	N109/N85	IPE 330 (IPE)	3.441	1.00	1.69	-	-
		N86/N109	N86/N109	IPE 400 (IPE)	4.900	0.70	1.19	-	-
		N81/N96	N81/N96	IPE 300 (IPE)	4.900	0.70	1.00	-	-
		N96/N82	N96/N82	IPE 300 (IPE)	2.100	1.00	2.33	-	-
		N87/N102	N87/N102	IPE 330 (IPE)	4.900	0.70	1.10	-	-
		N102/N88	N102/N88	IPE 330 (IPE)	2.771	1.00	1.94	-	-

Notación:
Ni: Nudo inicial
Nf: Nudo final
β_{xy}: Coeficiente de pandeo en el plano 'XY'
β_{xz}: Coeficiente de pandeo en el plano 'XZ'
$Lb_{Sup.}$: Separación entre arriostramientos del ala superior
$Lb_{Inf.}$: Separación entre arriostramientos del ala inferior

4.3.1 Cálculo de Solicitaciones

- **Esfuerzos considerados**

Referencias:

N: Esfuerzo axil (kN)
Vy: Esfuerzo cortante según el eje local Y de la barra. (kN)
Vz: Esfuerzo cortante según el eje local Z de la barra. (kN)
Mt: Momento torsor (kN·m)

My: Momento flector en el plano 'XZ' (giro de la sección respecto al eje local 'Y' de la barra). (kN·m)
Mz: Momento flector en el plano 'XY' (giro de la sección respecto al eje local 'Z' de la barra). (kN·m)

4.3.1.1 Resultados de esfuerzos en barras

Se muestra ahora los esfuerzos en las barras según las diferentes hipótesis consideradas, la barra N109/N85, corresponde a la parte superior del pilar central del pórtico de fachada.

Esfuerzos en barras, por hipótesis											
Barra	Hipótesis	Esfuerzo	Posiciones en la barra								
			0.000 m	0.382 m	0.956 m	1.338 m	1.720 m	2.103 m	2.676 m	3.059 m	3.441 m
N109/N85	Peso propio	N	-13.286	-12.523	-11.379	-10.616	-9.854	-9.091	-7.947	-7.278	-6.929
		Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Vz	3.631	3.631	3.631	3.631	3.631	3.631	3.631	3.631	3.631
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	12.49	11.10	9.02	7.63	6.25	4.86	2.78	1.39	0.00
		Mz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	Q	N	-8.044	-8.044	-8.044	-8.044	-8.044	-8.044	-8.044	-8.044	-8.044
		Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Vz	4.152	4.152	4.152	4.152	4.152	4.152	4.152	4.152	4.152
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	14.29	12.70	10.32	8.73	7.14	5.56	3.18	1.59	0.00
		Mz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	V(0°) H1	N	0.915	0.915	0.915	0.915	0.915	0.915	0.915	0.915	0.915
		Vy	0.309	0.309	0.309	0.309	0.309	0.309	0.309	0.309	0.309
		Vz	-7.052	-5.546	-3.288	-1.783	-0.278	1.228	3.486	4.757	5.229
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	-1.24	1.16	3.70	4.67	5.06	4.88	3.53	1.93	0.00
		Mz	1.06	0.94	0.77	0.65	0.53	0.41	0.24	0.12	0.00
	V(0°) H2	N	-0.985	-0.985	-0.985	-0.985	-0.985	-0.985	-0.985	-0.985	-0.985
		Vy	0.800	0.800	0.800	0.800	0.800	0.800	0.800	0.800	0.800
		Vz	-5.292	-3.786	-1.528	-0.023	1.483	2.988	5.246	6.517	6.989
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	4.81	6.55	8.07	8.37	8.09	7.24	4.87	2.60	0.00
		Mz	2.75	2.45	1.99	1.68	1.38	1.07	0.61	0.31	0.00
	V(90°) H1	N	6.566	6.566	6.566	6.566	6.566	6.566	6.566	6.566	6.566
		Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Vz	-5.891	-5.283	-4.371	-3.763	-3.155	-2.547	-1.635	-1.126	-0.953
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	-10.98	-8.84	-6.07	-4.52	-3.19	-2.10	-0.90	-0.39	0.00
		Mz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	V(180°) H1	N	0.915	0.915	0.915	0.915	0.915	0.915	0.915	0.915	0.915
		Vy	-0.309	-0.309	-0.309	-0.309	-0.309	-0.309	-0.309	-0.309	-0.309
		Vz	-7.052	-5.546	-3.288	-1.783	-0.278	1.228	3.486	4.757	5.229
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	-1.24	1.16	3.70	4.67	5.06	4.88	3.53	1.93	0.00
		Mz	-1.06	-0.94	-0.77	-0.65	-0.53	-0.41	-0.24	-0.12	0.00
	V(180°) H2	N	-0.985	-0.985	-0.985	-0.985	-0.985	-0.985	-0.985	-0.985	-0.985

Esfuerzos en barras, por hipótesis											
Barra	Hipótesis	Esfuerzo	Posiciones en la barra								
			0.000 m	0.382 m	0.956 m	1.338 m	1.720 m	2.103 m	2.676 m	3.059 m	3.441 m
		Vy	-0.800	-0.800	-0.800	-0.800	-0.800	-0.800	-0.800	-0.800	-0.800
		Vz	-5.292	-3.786	-1.528	-0.023	1.483	2.988	5.246	6.517	6.989
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	4.81	6.55	8.07	8.37	8.09	7.24	4.87	2.60	0.00
		Mz	-2.75	-2.45	-1.99	-1.68	-1.38	-1.07	-0.61	-0.31	0.00
	V(270°) H1	N	18.728	18.728	18.728	18.728	18.728	18.728	18.728	18.728	18.728
		Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Vz	-2.056	-3.475	-5.602	-7.021	-8.439	-9.858	-11.985	-13.174	-13.578
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	-28.76	-27.70	-25.10	-22.69	-19.73	-16.23	-9.97	-5.14	0.00
		Mz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	N(EI)	N	-4.615	-4.615	-4.615	-4.615	-4.615	-4.615	-4.615	-4.615	-4.615
		Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Vz	2.382	2.382	2.382	2.382	2.382	2.382	2.382	2.382	2.382
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	8.20	7.29	5.92	5.01	4.10	3.19	1.82	0.91	0.00
		Mz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	N(R) 1	N	-3.461	-3.461	-3.461	-3.461	-3.461	-3.461	-3.461	-3.461	-3.461
		Vy	-0.071	-0.071	-0.071	-0.071	-0.071	-0.071	-0.071	-0.071	-0.071
		Vz	1.786	1.786	1.786	1.786	1.786	1.786	1.786	1.786	1.786
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	6.15	5.46	4.44	3.76	3.07	2.39	1.37	0.68	0.00
		Mz	-0.24	-0.22	-0.18	-0.15	-0.12	-0.09	-0.05	-0.03	0.00
	N(R) 2	N	-3.461	-3.461	-3.461	-3.461	-3.461	-3.461	-3.461	-3.461	-3.461
		Vy	0.071	0.071	0.071	0.071	0.071	0.071	0.071	0.071	0.071
		Vz	1.786	1.786	1.786	1.786	1.786	1.786	1.786	1.786	1.786
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	6.15	5.46	4.44	3.76	3.07	2.39	1.37	0.68	0.00
		Mz	0.24	0.22	0.18	0.15	0.12	0.09	0.05	0.03	0.00

De la misma manera se podrece ahora con la barra correspondiente a la parte inferior del pilar central del pórtico de fachada.

Esfuerzos en barras, por hipótesis											
Barra	Hipótesis	Esfuerzo	Posiciones en la barra								
			0.000 m	0.613 m	1.225 m	1.838 m	2.450 m	3.063 m	3.675 m	4.288 m	4.900 m
N86/N109	Peso propio	N	-24.849	-23.524	-22.199	-20.874	-19.548	-18.223	-16.898	-15.573	-14.248
		Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Vz	3.596	3.596	3.596	3.596	3.596	3.596	3.596	3.596	3.596
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	30.11	27.91	25.71	23.50	21.30	19.10	16.90	14.70	12.49
		Mz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	Q	N	-8.047	-8.047	-8.047	-8.047	-8.047	-8.047	-8.047	-8.047	-8.047
		Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Vz	4.112	4.112	4.112	4.112	4.112	4.112	4.112	4.112	4.112
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Esfuerzos en barras, por hipótesis											
Barra	Hipótesis	Esfuerzo	Posiciones en la barra								
			0.000 m	0.613 m	1.225 m	1.838 m	2.450 m	3.063 m	3.675 m	4.288 m	4.900 m
		My	34.44	31.92	29.40	26.88	24.36	21.84	19.33	16.81	14.29
		Mz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	V(0°) H1	N	0.905	0.905	0.905	0.905	0.905	0.905	0.905	0.905	0.905
		Vy	-0.308	-0.308	-0.308	-0.308	-0.308	-0.308	-0.308	-0.308	-0.308
		Vz	-26.325	-23.913	-21.501	-19.090	-16.678	-14.267	-11.855	-9.443	-7.032
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	-82.97	-67.58	-53.67	-41.24	-30.29	-20.81	-12.81	-6.29	-1.24
		Mz	-0.45	-0.26	-0.07	0.12	0.31	0.50	0.68	0.87	1.06
	V(0°) H2	N	-0.996	-0.996	-0.996	-0.996	-0.996	-0.996	-0.996	-0.996	-0.996
		Vy	-0.814	-0.814	-0.814	-0.814	-0.814	-0.814	-0.814	-0.814	-0.814
		Vz	-24.582	-22.171	-19.759	-17.347	-14.936	-12.524	-10.112	-7.701	-5.289
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	-68.37	-54.05	-41.21	-29.85	-19.96	-11.55	-4.62	0.84	4.81
		Mz	-1.24	-0.74	-0.24	0.26	0.76	1.26	1.75	2.25	2.75
	V(90°) H1	N	6.595	6.595	6.595	6.595	6.595	6.595	6.595	6.595	6.595
		Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Vz	-13.653	-12.679	-11.705	-10.731	-9.757	-8.783	-7.810	-6.836	-5.862
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	-58.79	-50.72	-43.26	-36.38	-30.11	-24.43	-19.35	-14.86	-10.98
		Mz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	V(180°) H1	N	0.905	0.905	0.905	0.905	0.905	0.905	0.905	0.905	0.905
		Vy	0.308	0.308	0.308	0.308	0.308	0.308	0.308	0.308	0.308
		Vz	-26.325	-23.913	-21.501	-19.090	-16.678	-14.267	-11.855	-9.443	-7.032
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	-82.97	-67.58	-53.67	-41.24	-30.29	-20.81	-12.81	-6.29	-1.24
		Mz	0.45	0.26	0.07	-0.12	-0.31	-0.50	-0.68	-0.87	-1.06
	V(180°) H2	N	-0.996	-0.996	-0.996	-0.996	-0.996	-0.996	-0.996	-0.996	-0.996
		Vy	0.814	0.814	0.814	0.814	0.814	0.814	0.814	0.814	0.814
		Vz	-24.582	-22.171	-19.759	-17.347	-14.936	-12.524	-10.112	-7.701	-5.289
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	-68.37	-54.05	-41.21	-29.85	-19.96	-11.55	-4.62	0.84	4.81
		Mz	1.24	0.74	0.24	-0.26	-0.76	-1.26	-1.75	-2.25	-2.75
	V(270°) H1	N	18.794	18.794	18.794	18.794	18.794	18.794	18.794	18.794	18.794
		Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Vz	16.201	13.929	11.657	9.385	7.112	4.840	2.568	0.295	-1.977
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	6.09	-3.14	-10.97	-17.42	-22.47	-26.13	-28.40	-29.28	-28.76
		Mz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	N(EI)	N	-4.616	-4.616	-4.616	-4.616	-4.616	-4.616	-4.616	-4.616	-4.616
		Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Vz	2.359	2.359	2.359	2.359	2.359	2.359	2.359	2.359	2.359

Esfuerzos en barras, por hipótesis											
Barra	Hipótesis	Esfuerzo	Posiciones en la barra								
			0.000 m	0.613 m	1.225 m	1.838 m	2.450 m	3.063 m	3.675 m	4.288 m	4.900 m
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	19.75	18.31	16.86	15.42	13.98	12.53	11.09	9.64	8.20
		Mz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	N(R) 1	N	-3.462	-3.462	-3.462	-3.462	-3.462	-3.462	-3.462	-3.462	-3.462
		Vy	0.073	0.073	0.073	0.073	0.073	0.073	0.073	0.073	0.073
		Vz	1.769	1.769	1.769	1.769	1.769	1.769	1.769	1.769	1.769
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	14.82	13.73	12.65	11.56	10.48	9.40	8.31	7.23	6.15
		Mz	0.11	0.07	0.02	-0.02	-0.06	-0.11	-0.15	-0.20	-0.24
	N(R) 2	N	-3.462	-3.462	-3.462	-3.462	-3.462	-3.462	-3.462	-3.462	-3.462
		Vy	-0.073	-0.073	-0.073	-0.073	-0.073	-0.073	-0.073	-0.073	-0.073
		Vz	1.769	1.769	1.769	1.769	1.769	1.769	1.769	1.769	1.769
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	14.82	13.73	12.65	11.56	10.48	9.40	8.31	7.23	6.15
		Mz	-0.11	-0.07	-0.02	0.02	0.06	0.11	0.15	0.20	0.24

La tabla siguiente corresponde a la barra N81/N96,correspondiente al pilar lateral del pórtico de fachada.

Esfuerzos en barras, por hipótesis											
Barra	Hipótesis	Esfuerzo	Posiciones en la barra								
			0.000 m	0.613 m	1.225 m	1.838 m	2.450 m	3.063 m	3.675 m	4.288 m	4.900 m
N81/N96	Peso propio	N	-17.045	-15.998	-14.950	-13.902	-12.854	-11.806	-10.758	-9.710	-8.662
		Vy	-0.047	-0.047	-0.047	-0.047	-0.047	-0.047	-0.047	-0.047	-0.047
		Vz	-0.085	-0.085	-0.085	-0.085	-0.085	-0.085	-0.085	-0.085	-0.085
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	-0.25	-0.20	-0.15	-0.10	-0.05	0.01	0.06	0.11	0.16
		Mz	-0.08	-0.05	-0.02	0.01	0.04	0.07	0.10	0.12	0.15
	Q	N	-4.842	-4.842	-4.842	-4.842	-4.842	-4.842	-4.842	-4.842	-4.842
		Vy	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008
		Vz	-0.066	-0.066	-0.066	-0.066	-0.066	-0.066	-0.066	-0.066	-0.066
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	-0.24	-0.20	-0.16	-0.12	-0.08	-0.04	0.01	0.05	0.09
		Mz	0.01	0.01	0.00	0.00	-0.01	-0.01	-0.02	-0.02	-0.03
	V(0°) H1	N	-4.820	-4.820	-4.820	-4.820	-4.820	-4.820	-4.820	-4.820	-4.820
		Vy	3.144	2.325	1.506	0.687	-0.132	-0.951	-1.770	-2.589	-3.408
		Vz	-8.583	-6.813	-5.044	-3.274	-1.504	0.266	2.036	3.806	5.576
		Mt	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01
		My	-9.52	-4.81	-1.18	1.37	2.83	3.21	2.51	0.72	-2.15
		Mz	2.49	0.82	-0.36	-1.03	-1.20	-0.87	-0.03	1.30	3.14
	V(0°) H2	N	-11.307	-11.307	-11.307	-11.307	-11.307	-11.307	-11.307	-11.307	-11.307
		Vy	2.611	1.792	0.973	0.154	-0.665	-1.484	-2.303	-3.121	-3.940
		Vz	-8.612	-6.842	-5.073	-3.303	-1.533	0.237	2.007	3.777	5.547
		Mt	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01
		My	-9.61	-4.87	-1.22	1.34	2.82	3.22	2.53	0.76	-2.09
		Mz	1.64	0.29	-0.56	-0.90	-0.75	-0.09	1.07	2.73	4.89

Esfuerzos en barras, por hipótesis											
Barra	Hipótesis	Esfuerzo	Posiciones en la barra								
			0.000 m	0.613 m	1.225 m	1.838 m	2.450 m	3.063 m	3.675 m	4.288 m	4.900 m
	V(90°) H1	N	-12.099	-12.099	-12.099	-12.099	-12.099	-12.099	-12.099	-12.099	-12.099
		Vy	-2.465	-1.885	-1.306	-0.726	-0.146	0.433	1.013	1.593	2.172
		Vz	-2.695	-2.208	-1.721	-1.234	-0.747	-0.260	0.227	0.714	1.201
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	-4.18	-2.68	-1.47	-0.57	0.04	0.35	0.36	0.07	-0.52
		Mz	-2.14	-0.81	0.17	0.79	1.06	0.97	0.53	-0.27	-1.43
	V(180°) H1	N	-7.658	-7.658	-7.658	-7.658	-7.658	-7.658	-7.658	-7.658	-7.658
		Vy	-1.189	-0.826	-0.464	-0.101	0.262	0.624	0.987	1.349	1.712
		Vz	-3.995	-3.184	-2.372	-1.561	-0.749	0.062	0.874	1.685	2.497
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	-4.67	-2.47	-0.77	0.43	1.14	1.35	1.06	0.28	-1.00
		Mz	-0.78	-0.17	0.23	0.40	0.35	0.08	-0.41	-1.13	-2.06
	V(180°) H2	N	-11.590	-11.590	-11.590	-11.590	-11.590	-11.590	-11.590	-11.590	-11.590
		Vy	-0.652	-0.289	0.073	0.436	0.798	1.161	1.524	1.886	2.249
		Vz	-4.026	-3.215	-2.403	-1.592	-0.780	0.032	0.843	1.655	2.466
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	-4.80	-2.58	-0.86	0.36	1.09	1.32	1.05	0.29	-0.98
		Mz	0.08	0.37	0.43	0.28	-0.10	-0.70	-1.52	-2.57	-3.83
	V(270°) H1	N	9.791	9.791	9.791	9.791	9.791	9.791	9.791	9.791	9.791
		Vy	-5.711	-4.371	-3.031	-1.691	-0.352	0.988	2.328	3.668	5.008
		Vz	6.059	4.923	3.786	2.650	1.514	0.378	-0.758	-1.894	-3.030
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	8.48	5.11	2.44	0.47	-0.80	-1.38	-1.26	-0.45	1.06
		Mz	-4.97	-1.88	0.38	1.83	2.46	2.26	1.25	-0.59	-3.25
	N(EI)	N	-2.777	-2.777	-2.777	-2.777	-2.777	-2.777	-2.777	-2.777	-2.777
		Vy	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004
		Vz	-0.038	-0.038	-0.038	-0.038	-0.038	-0.038	-0.038	-0.038	-0.038
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	-0.14	-0.11	-0.09	-0.07	-0.04	-0.02	0.00	0.03	0.05
		Mz	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01
	N(R) 1	N	-2.135	-2.135	-2.135	-2.135	-2.135	-2.135	-2.135	-2.135	-2.135
		Vy	0.080	0.080	0.080	0.080	0.080	0.080	0.080	0.080	0.080
		Vz	-0.029	-0.029	-0.029	-0.029	-0.029	-0.029	-0.029	-0.029	-0.029
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	-0.11	-0.09	-0.07	-0.06	-0.04	-0.02	0.00	0.02	0.03
		Mz	0.13	0.08	0.03	-0.02	-0.07	-0.12	-0.17	-0.22	-0.26
	N(R) 2	N	-2.389	-2.389	-2.389	-2.389	-2.389	-2.389	-2.389	-2.389	-2.389
		Vy	-0.074	-0.074	-0.074	-0.074	-0.074	-0.074	-0.074	-0.074	-0.074
		Vz	-0.028	-0.028	-0.028	-0.028	-0.028	-0.028	-0.028	-0.028	-0.028
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	-0.10	-0.08	-0.06	-0.04	-0.03	-0.01	0.01	0.02	0.04
		Mz	-0.12	-0.07	-0.03	0.02	0.06	0.11	0.15	0.20	0.24

Esfuerzos en barras, por hipótesis											
Barra	Hipótesis	Esfuerzo	Posiciones en la barra								
			0.000 m	0.210 m	0.420 m	0.840 m	1.050 m	1.260 m	1.680 m	1.890 m	2.100 m
N96/N82	Peso propio	N	-6.682	-6.323	-5.963	-5.245	-4.886	-4.526	-3.808	-3.448	-3.089
		Vy	-0.144	-0.144	-0.144	-0.144	-0.144	-0.144	-0.144	-0.144	-0.144
		Vz	-0.031	-0.031	-0.031	-0.031	-0.031	-0.031	-0.031	-0.031	-0.031
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	-0.07	-0.06	-0.05	-0.04	-0.03	-0.03	-0.01	-0.01	0.00
		Mz	-0.30	-0.27	-0.24	-0.18	-0.15	-0.12	-0.06	-0.03	0.00
	Q	N	-3.394	-3.394	-3.394	-3.394	-3.394	-3.394	-3.394	-3.394	-3.394
		Vy	-0.003	-0.003	-0.003	-0.003	-0.003	-0.003	-0.003	-0.003	-0.003
		Vz	0.033	0.033	0.033	0.033	0.033	0.033	0.033	0.033	0.033
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	0.07	0.06	0.06	0.04	0.04	0.03	0.01	0.01	0.00
		Mz	-0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	V(0°) H1	N	5.456	5.456	5.456	5.456	5.456	5.456	5.456	5.456	5.456
		Vy	3.005	2.725	2.444	1.882	1.602	1.321	0.759	0.478	0.198
		Vz	-4.067	-3.460	-2.853	-1.640	-1.033	-0.426	0.787	1.394	2.001
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	-2.17	-1.38	-0.72	0.23	0.51	0.66	0.59	0.36	0.00
		Mz	3.36	2.76	2.22	1.31	0.94	0.64	0.20	0.07	0.00
	V(0°) H2	N	-0.609	-0.609	-0.609	-0.609	-0.609	-0.609	-0.609	-0.609	-0.609
		Vy	4.277	3.996	3.716	3.154	2.873	2.592	2.031	1.750	1.469
		Vz	-4.041	-3.434	-2.828	-1.614	-1.007	-0.400	0.813	1.420	2.027
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	-2.12	-1.33	-0.67	0.26	0.54	0.68	0.60	0.36	0.00
		Mz	6.03	5.17	4.36	2.91	2.28	1.71	0.74	0.34	0.00
	V(90°) H1	N	-0.486	-0.486	-0.486	-0.486	-0.486	-0.486	-0.486	-0.486	-0.486
		Vy	-1.578	-1.379	-1.180	-0.783	-0.584	-0.385	0.012	0.211	0.410
		Vz	-1.126	-0.959	-0.792	-0.458	-0.291	-0.124	0.210	0.377	0.544
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	-0.61	-0.39	-0.21	0.05	0.13	0.18	0.16	0.10	0.00
		Mz	-1.23	-0.92	-0.65	-0.23	-0.09	0.01	0.09	0.07	0.00
	V(180°) H1	N	2.243	2.243	2.243	2.243	2.243	2.243	2.243	2.243	2.243
		Vy	-1.849	-1.725	-1.600	-1.352	-1.227	-1.103	-0.854	-0.730	-0.606
		Vz	-1.879	-1.601	-1.323	-0.766	-0.488	-0.210	0.347	0.625	0.903
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	-1.02	-0.66	-0.35	0.09	0.22	0.29	0.26	0.16	0.00
		Mz	-2.58	-2.20	-1.85	-1.23	-0.96	-0.72	-0.31	-0.14	0.00
	V(180°) H2	N	1.638	1.638	1.638	1.638	1.638	1.638	1.638	1.638	1.638
		Vy	-3.119	-2.994	-2.870	-2.621	-2.497	-2.373	-2.124	-2.000	-1.876
		Vz	-1.871	-1.592	-1.314	-0.758	-0.479	-0.201	0.355	0.634	0.912
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	-1.01	-0.64	-0.34	0.10	0.23	0.30	0.27	0.16	0.00
		Mz	-5.24	-4.60	-3.99	-2.83	-2.30	-1.78	-0.84	-0.41	0.00
	V(270°) H1	N	6.321	6.321	6.321	6.321	6.321	6.321	6.321	6.321	6.321
		Vy	-3.588	-3.129	-2.669	-1.750	-1.291	-0.832	0.087	0.546	1.006

Esfuerzos en barras, por hipótesis											
Barra	Hipótesis	Esfuerzo	Posiciones en la barra								
			0.000 m	0.210 m	0.420 m	0.840 m	1.050 m	1.260 m	1.680 m	1.890 m	2.100 m
		Vz	2.522	2.133	1.743	0.964	0.575	0.185	-0.594	-0.984	-1.373
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	1.21	0.72	0.31	-0.26	-0.42	-0.50	-0.41	-0.25	0.00
		Mz	-2.71	-2.01	-1.40	-0.47	-0.15	0.07	0.23	0.16	0.00
	N(EI)	N	-1.947	-1.947	-1.947	-1.947	-1.947	-1.947	-1.947	-1.947	-1.947
		Vy	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001
		Vz	0.019	0.019	0.019	0.019	0.019	0.019	0.019	0.019	0.019
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	0.04	0.04	0.03	0.02	0.02	0.02	0.01	0.00	0.00
		Mz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	N(R) 1	N	-1.102	-1.102	-1.102	-1.102	-1.102	-1.102	-1.102	-1.102	-1.102
		Vy	-0.184	-0.184	-0.184	-0.184	-0.184	-0.184	-0.184	-0.184	-0.184
		Vz	0.012	0.012	0.012	0.012	0.012	0.012	0.012	0.012	0.012
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	0.03	0.02	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00
		Mz	-0.39	-0.35	-0.31	-0.23	-0.19	-0.15	-0.08	-0.04	0.00
	N(R) 2	N	-1.819	-1.819	-1.819	-1.819	-1.819	-1.819	-1.819	-1.819	-1.819
		Vy	0.182	0.182	0.182	0.182	0.182	0.182	0.182	0.182	0.182
		Vz	0.017	0.017	0.017	0.017	0.017	0.017	0.017	0.017	0.017
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	0.03	0.03	0.03	0.02	0.02	0.01	0.01	0.00	0.00
		Mz	0.38	0.34	0.31	0.23	0.19	0.15	0.08	0.04	0.00

Se procede ahora al realizar la comprobación de esfuerzos en la barra N87/N102, correspondiente al pilar intermedio entre el pilar central y el pilar lateral del pórtico de fachada.

Esfuerzos en barras, por hipótesis											
Barra	Hipótesis	Esfuerzo	Posiciones en la barra								
			0.000 m	0.613 m	1.225 m	1.838 m	2.450 m	3.063 m	3.675 m	4.288 m	4.900 m
N87/N102	Peso propio	N	-25.214	-23.992	-22.770	-21.548	-20.326	-19.105	-17.883	-16.661	-15.439
		Vy	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005
		Vz	1.254	1.254	1.254	1.254	1.254	1.254	1.254	1.254	1.254
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	9.53	8.76	7.99	7.23	6.46	5.69	4.92	4.15	3.38
		Mz	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01
	Q	N	-7.978	-7.978	-7.978	-7.978	-7.978	-7.978	-7.978	-7.978	-7.978
		Vy	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005
		Vz	1.434	1.434	1.434	1.434	1.434	1.434	1.434	1.434	1.434
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	10.90	10.02	9.14	8.26	7.38	6.51	5.63	4.75	3.87
		Mz	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	-0.01	-0.01	-0.01	-0.02
	V(0°) H1	N	4.844	4.844	4.844	4.844	4.844	4.844	4.844	4.844	4.844
		Vy	-0.333	-0.333	-0.333	-0.333	-0.333	-0.333	-0.333	-0.333	-0.333
		Vz	-23.411	-20.667	-17.922	-15.178	-12.434	-9.689	-6.945	-4.200	-1.456
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	-47.91	-34.41	-22.60	-12.46	-4.00	2.77	7.87	11.28	13.01
		Mz	-0.51	-0.31	-0.10	0.10	0.31	0.51	0.71	0.92	1.12

Esfuerzos en barras, por hipótesis											
Barra	Hipótesis	Esfuerzo	Posiciones en la barra								
			0.000 m	0.613 m	1.225 m	1.838 m	2.450 m	3.063 m	3.675 m	4.288 m	4.900 m
	V(0°) H2	N	-8.011	-8.011	-8.011	-8.011	-8.011	-8.011	-8.011	-8.011	-8.011
		Vy	-0.891	-0.891	-0.891	-0.891	-0.891	-0.891	-0.891	-0.891	-0.891
		Vz	-22.810	-20.066	-17.322	-14.577	-11.833	-9.088	-6.344	-3.600	-0.855
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	-43.30	-30.17	-18.72	-8.95	-0.87	5.54	10.27	13.31	14.68
		Mz	-1.40	-0.85	-0.31	0.24	0.78	1.33	1.87	2.42	2.97
	V(90°) H1	N	9.009	9.009	9.009	9.009	9.009	9.009	9.009	9.009	9.009
		Vy	-0.006	-0.006	-0.006	-0.006	-0.006	-0.006	-0.006	-0.006	-0.006
		Vz	-9.548	-8.574	-7.600	-6.626	-5.652	-4.678	-3.705	-2.731	-1.757
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	-26.45	-20.90	-15.95	-11.59	-7.83	-4.67	-2.10	-0.13	1.24
		Mz	-0.02	-0.01	-0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01
	V(180°) H1	N	8.828	8.828	8.828	8.828	8.828	8.828	8.828	8.828	8.828
		Vy	0.364	0.364	0.364	0.364	0.364	0.364	0.364	0.364	0.364
		Vz	-15.180	-13.485	-11.791	-10.096	-8.402	-6.707	-5.013	-3.318	-1.624
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	-35.13	-26.35	-18.61	-11.91	-6.24	-1.61	1.97	4.53	6.04
		Mz	0.56	0.34	0.12	-0.11	-0.33	-0.55	-0.77	-1.00	-1.22
	V(180°) H2	N	9.297	9.297	9.297	9.297	9.297	9.297	9.297	9.297	9.297
		Vy	0.925	0.925	0.925	0.925	0.925	0.925	0.925	0.925	0.925
		Vz	-14.567	-12.872	-11.178	-9.483	-7.789	-6.094	-4.400	-2.705	-1.011
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	-30.52	-22.12	-14.75	-8.42	-3.14	1.12	4.33	6.51	7.64
		Mz	1.46	0.89	0.32	-0.24	-0.81	-1.37	-1.94	-2.51	-3.07
	V(270°) H1	N	16.218	16.218	16.218	16.218	16.218	16.218	16.218	16.218	16.218
		Vy	-0.038	-0.038	-0.038	-0.038	-0.038	-0.038	-0.038	-0.038	-0.038
		Vz	16.709	14.437	12.164	9.892	7.620	5.348	3.075	0.803	-1.469
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	19.38	9.85	1.70	-5.06	-10.42	-14.39	-16.97	-18.16	-17.95
		Mz	-0.07	-0.05	-0.03	0.00	0.02	0.04	0.07	0.09	0.11
	N(EI)	N	-4.576	-4.576	-4.576	-4.576	-4.576	-4.576	-4.576	-4.576	-4.576
		Vy	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003
		Vz	0.823	0.823	0.823	0.823	0.823	0.823	0.823	0.823	0.823
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	6.25	5.75	5.24	4.74	4.24	3.73	3.23	2.72	2.22
		Mz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.01	-0.01	-0.01
	N(R) 1	N	-2.174	-2.174	-2.174	-2.174	-2.174	-2.174	-2.174	-2.174	-2.174
		Vy	0.083	0.083	0.083	0.083	0.083	0.083	0.083	0.083	0.083
		Vz	0.618	0.618	0.618	0.618	0.618	0.618	0.618	0.618	0.618
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	4.69	4.31	3.93	3.55	3.17	2.80	2.42	2.04	1.66
		Mz	0.13	0.08	0.03	-0.02	-0.07	-0.12	-0.17	-0.22	-0.27
	N(R) 2	N	-5.047	-5.047	-5.047	-5.047	-5.047	-5.047	-5.047	-5.047	-5.047

Esfuerzos en barras, por hipótesis											
Barra	Hipótesis	Esfuerzo	Posiciones en la barra								
			0.000 m	0.613 m	1.225 m	1.838 m	2.450 m	3.063 m	3.675 m	4.288 m	4.900 m
		Vy	-0.078	-0.078	-0.078	-0.078	-0.078	-0.078	-0.078	-0.078	-0.078
		Vz	0.616	0.616	0.616	0.616	0.616	0.616	0.616	0.616	0.616
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	4.69	4.31	3.93	3.56	3.18	2.80	2.42	2.05	1.67
		Mz	-0.12	-0.08	-0.03	0.02	0.07	0.12	0.16	0.21	0.26

Esfuerzos en barras, por hipótesis											
Barra	Hipótesis	Esfuerzo	Posiciones en la barra								
			0.000 m	0.396 m	0.594 m	0.989 m	1.385 m	1.781 m	2.177 m	2.375 m	2.770 m
N102/N88	Peso propio	N	-14.545	-13.756	-13.361	-12.572	-11.782	-10.993	-10.206	-9.851	-9.272
		Vy	-0.005	-0.005	-0.005	-0.005	-0.005	-0.005	-0.005	-0.005	-0.005
		Vz	1.222	1.222	1.222	1.222	1.222	1.222	1.222	1.222	1.222
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	3.38	2.90	2.66	2.18	1.69	1.21	0.73	0.48	0.00
		Mz	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	0.00	0.00	0.00
	Q	N	-8.023	-8.023	-8.023	-8.023	-8.023	-8.023	-8.023	-8.023	-8.023
		Vy	-0.006	-0.006	-0.006	-0.006	-0.006	-0.006	-0.006	-0.006	-0.006
		Vz	1.397	1.397	1.397	1.397	1.397	1.397	1.397	1.397	1.397
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	3.87	3.32	3.04	2.49	1.93	1.38	0.83	0.55	0.00
		Mz	-0.02	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	0.00	0.00	0.00
	V(0°) H1	N	9.743	9.743	9.743	9.743	9.743	9.743	9.743	9.743	9.743
		Vy	0.405	0.405	0.405	0.405	0.405	0.405	0.405	0.405	0.405
		Vz	-1.438	0.336	1.222	2.996	4.769	6.542	8.303	9.033	10.129
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	13.01	13.23	13.08	12.24	10.70	8.47	5.53	3.81	0.00
		Mz	1.12	0.96	0.88	0.72	0.56	0.40	0.24	0.16	0.00
	V(0°) H2	N	-0.470	-0.470	-0.470	-0.470	-0.470	-0.470	-0.470	-0.470	-0.470
		Vy	1.070	1.070	1.070	1.070	1.070	1.070	1.070	1.070	1.070
		Vz	-0.837	0.936	1.823	3.596	5.370	7.143	8.904	9.634	10.730
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	14.68	14.66	14.38	13.31	11.54	9.06	5.88	4.05	0.00
		Mz	2.97	2.54	2.33	1.91	1.48	1.06	0.64	0.42	0.00
	V(90°) H1	N	9.066	9.066	9.066	9.066	9.066	9.066	9.066	9.066	9.066
		Vy	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005
		Vz	-1.732	-1.103	-0.789	-0.159	0.470	1.099	1.725	1.998	2.406
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	1.24	1.80	1.99	2.18	2.12	1.81	1.25	0.88	0.00
		Mz	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00
	V(180°) H1	N	8.727	8.727	8.727	8.727	8.727	8.727	8.727	8.727	8.727
		Vy	-0.440	-0.440	-0.440	-0.440	-0.440	-0.440	-0.440	-0.440	-0.440
		Vz	-1.617	-0.522	0.026	1.121	2.216	3.311	4.400	4.879	5.604
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	6.04	6.46	6.51	6.28	5.62	4.53	3.00	2.08	0.00
		Mz	-1.22	-1.05	-0.96	-0.78	-0.61	-0.44	-0.26	-0.17	0.00

Esfuerzos en barras, por hipótesis											
Barra	Hipótesis	Esfuerzo	Posiciones en la barra								
			0.000 m	0.396 m	0.594 m	0.989 m	1.385 m	1.781 m	2.177 m	2.375 m	2.770 m
	V(180°) H2	N	9.004	9.004	9.004	9.004	9.004	9.004	9.004	9.004	9.004
		Vy	-1.110	-1.110	-1.110	-1.110	-1.110	-1.110	-1.110	-1.110	-1.110
		Vz	-1.038	0.057	0.605	1.700	2.795	3.890	4.979	5.458	6.183
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	7.64	7.84	7.77	7.32	6.43	5.10	3.35	2.31	0.00
		Mz	-3.07	-2.63	-2.42	-1.98	-1.54	-1.10	-0.66	-0.44	0.00
	V(270°) H1	N	16.349	16.349	16.349	16.349	16.349	16.349	16.349	16.349	16.349
		Vy	0.040	0.040	0.040	0.040	0.040	0.040	0.040	0.040	0.040
		Vz	-1.391	-2.860	-3.594	-5.062	-6.530	-7.999	-9.459	-10.097	-11.048
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	-17.95	-17.11	-16.47	-14.76	-12.47	-9.59	-6.14	-4.20	0.00
		Mz	0.11	0.10	0.09	0.07	0.06	0.04	0.02	0.02	0.00
	N(EI)	N	-4.602	-4.602	-4.602	-4.602	-4.602	-4.602	-4.602	-4.602	-4.602
		Vy	-0.003	-0.003	-0.003	-0.003	-0.003	-0.003	-0.003	-0.003	-0.003
		Vz	0.801	0.801	0.801	0.801	0.801	0.801	0.801	0.801	0.801
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	2.22	1.90	1.74	1.43	1.11	0.79	0.48	0.32	0.00
		Mz	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	N(R) 1	N	-2.203	-2.203	-2.203	-2.203	-2.203	-2.203	-2.203	-2.203	-2.203
		Vy	-0.099	-0.099	-0.099	-0.099	-0.099	-0.099	-0.099	-0.099	-0.099
		Vz	0.600	0.600	0.600	0.600	0.600	0.600	0.600	0.600	0.600
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	1.66	1.42	1.31	1.07	0.83	0.59	0.36	0.24	0.00
		Mz	-0.27	-0.23	-0.21	-0.18	-0.14	-0.10	-0.06	-0.04	0.00
	N(R) 2	N	-4.700	-4.700	-4.700	-4.700	-4.700	-4.700	-4.700	-4.700	-4.700
		Vy	0.094	0.094	0.094	0.094	0.094	0.094	0.094	0.094	0.094
		Vz	0.602	0.602	0.602	0.602	0.602	0.602	0.602	0.602	0.602
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	1.67	1.43	1.31	1.07	0.83	0.60	0.36	0.24	0.00
		Mz	0.26	0.22	0.20	0.17	0.13	0.09	0.06	0.04	0.00

4.3.1.2 Flechas

Referencias:

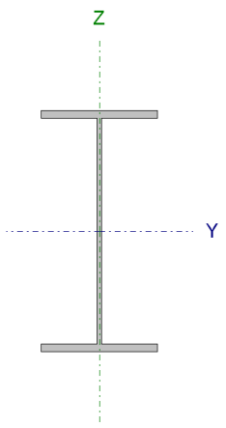
Pos.: Valor de la coordenada sobre el eje 'X' local del grupo de flecha en el punto donde se produce el valor pésimo de la flecha.
L.: Distancia entre dos puntos de corte consecutivos de la deformada con la recta que une los nudos extremos del grupo de flecha.

Flechas								
Grupo	Flecha máxima absoluta xy Flecha máxima relativa xy		Flecha máxima absoluta xz Flecha máxima relativa xz		Flecha activa absoluta xy Flecha activa relativa xy		Flecha activa absoluta xz Flecha activa relativa xz	
	Pos. (m)	Flecha (mm)	Pos. (m)	Flecha (mm)	Pos. (m)	Flecha (mm)	Pos. (m)	Flecha (mm)
N109/N85	3.441 3.441	6.86 L/501.3	3.441 3.441	5.62 L/612.6	3.441 3.441	13.73 L/501.3	3.441 3.441	10.37 L/612.8
N86/N109	3.063 3.063	0.73 L/(>1000)	4.900 4.900	13.00 L/376.8	3.063 3.063	1.46 L/(>1000)	4.900 4.900	25.17 L/377.0
N81/N96	2.756 2.756	3.43 L/(>1000)	4.900 4.900	1.62 L/(>1000)	2.450 2.756	4.93 L/(>1000)	4.900 4.900	2.70 L/(>1000)
N96/N82	2.100 2.100	6.39 L/328.5	1.890 1.890	0.07 L/(>1000)	2.100 2.100	12.35 L/328.5	1.680 1.890	0.10 L/(>1000)
N87/N102	3.063 3.063	1.55 L/(>1000)	4.900 4.900	9.41 L/520.5	3.063 3.063	3.01 L/(>1000)	4.900 4.900	17.28 L/520.7
N102/N88	2.770 2.770	5.00 L/553.7	2.770 2.770	2.59 L/(>1000)	2.770 2.770	9.80 L/553.7	2.770 2.770	4.91 L/(>1000)

4.3.2 Comprobaciones E.L.U

Barra N109/N85, correspondiente a la parte superior del pilar central del pórtico de fachada(IPE330).

Perfil: IPE 330
Material: Acero (S275)



Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas			
Inicial	Final		Área (cm²)	I_y(1) (cm4)	I_z(1) (cm4)	I_t(2) (cm4)
N109	N85	3.441	62.60	11770.00	788.10	28.15

Notas:
(1) Inercia respecto al eje indicado
(2) Momento de inercia a torsión uniforme

	Pandeo		Pandeo lateral	
	Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.
β	1.00	1.69	0.00	0.00
L_K	3.441	5.820	0.000	0.000
C_m	1.000	0.550	1.000	1.000
C_1	-		1.000	

Notación:
β: Coeficiente de pandeo
L_K: Longitud de pandeo (m)
C_m: Coeficiente de momentos
C_1: Factor de modificación para el momento crítico

Limitación de esbeltez (CTE DB SE-A, Artículos 6.3.1 y 6.3.2.1 - Tabla 6.3)

La esbeltez reducida $\bar{\lambda}$ de las barras comprimidas debe ser inferior al valor 2.0.

$\bar{\lambda}$: ***1.10*** ✓

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección.	**Clase** :	*4*	
$\mathbf{A_{ef}}$: Área de la sección eficaz para las secciones de clase 4.	$\mathbf{A_{ef}}$:	*60.78*	cm²
$\mathbf{f_y}$: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)	$\mathbf{f_y}$:	*275.00*	MPa
$\mathbf{N_{cr}}$: Axil crítico de pandeo elástico.	$\mathbf{N_{cr}}$:	*1379.53*	kN

El axil crítico de pandeo elástico $\mathbf{N_{cr}}$ es el menor de los valores obtenidos en a), b) y c):

a) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.	$\mathbf{N_{cr,y}}$:	*7201.94*	kN
b) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.	$\mathbf{N_{cr,z}}$:	*1379.53*	kN
c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión.	$\mathbf{N_{cr,T}}$:	∞	

Donde:

$\mathbf{I_y}$: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Y.	$\mathbf{I_y}$:	*11770.00*	cm4
$\mathbf{I_z}$: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z.	$\mathbf{I_z}$:	*788.10*	cm4
$\mathbf{I_t}$: Momento de inercia a torsión uniforme.	$\mathbf{I_t}$:	*28.15*	cm4
$\mathbf{I_w}$: Constante de alabeo de la sección.	$\mathbf{I_w}$:	*199100.00*	cm6
E: Módulo de elasticidad.	**E** :	*210000*	MPa
G: Módulo de elasticidad transversal.	**G** :	*81000*	MPa
$\mathbf{L_{ky}}$: Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Y.	$\mathbf{L_{ky}}$:	*5.820*	m
$\mathbf{L_{kz}}$: Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Z.	$\mathbf{L_{kz}}$:	*3.441*	m
$\mathbf{L_{kt}}$: Longitud efectiva de pandeo por torsión.	$\mathbf{L_{kt}}$:	*0.000*	m
$\mathbf{i_0}$: Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión.	$\mathbf{i_0}$:	*14.16*	cm

Siendo:

$\mathbf{i_y}$, $\mathbf{i_z}$: Radios de giro de la sección bruta, respecto a los ejes principales de inercia Y y Z.	$\mathbf{i_y}$:	*13.71*	cm
	$\mathbf{i_z}$:	*3.55*	cm
$\mathbf{y_0}$, $\mathbf{z_0}$: Coordenadas del centro de torsión en la dirección de los ejes principales Y y Z, respectivamente, relativas al centro de gravedad de la sección.	$\mathbf{y_0}$:	*0.00*	mm
	$\mathbf{z_0}$:	*0.00*	mm

Abolladura del alma inducida por el ala comprimida (Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: Eurocódigo 3 EN 1993-1-5: 2006, Artículo 8)

Se debe satisfacer:

$$40.93 \leq 256.27$$ ✓

Donde:

h_w: Altura del alma.	h_w :	307.00	mm
t_w: Espesor del alma.	t_w :	7.50	mm
A_w: Área del alma.	A_w :	23.03	cm²
$A_{fc,ef}$: Área reducida del ala comprimida.	$A_{fc,ef}$:	18.40	cm²
k: Coeficiente que depende de la clase de la sección.	**k** :	0.30	
E: Módulo de elasticidad.	**E** :	210000	MPa
f_{yf}: Límite elástico del acero del ala comprimida.	f_{yf} :	275.00	MPa

Siendo:

Resistencia a tracción (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3)

Se debe satisfacer:

η : ***0.014*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N85, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(270°)H1.

$N_{t,Ed}$: Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo. $N_{t,Ed}$: 22.55 kN

La resistencia de cálculo a tracción $N_{t,Rd}$ viene dada por:

$N_{t,Rd}$: 1639.52 kN

Donde:

A: Área bruta de la sección transversal de la barra.	**A** :	62.60	cm²
f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.	f_{yd} :	261.90	MPa

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)	f_y :	275.00	MPa
γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material.	γ_{M0} :	1.05	

Resistencia a compresión (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5)

Se debe satisfacer:

η : ***0.019*** ✓

η : ***0.035*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N109, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q.

$N_{c,Ed}$: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo. **$N_{c,Ed}$** : *30.00* kN

La resistencia de cálculo a compresión **$N_{c,Rd}$** viene dada por:

$N_{c,Rd}$: *1591.73* kN

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección. **Clase** : *4*

A_{ef}: Área de la sección eficaz para las secciones de clase 4. **A_{ef}** : *60.78* cm²

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. **f_{yd}** : *261.90* MPa

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y** : *275.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. **γ_{M0}** : *1.05*

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.2)

La resistencia de cálculo a pandeo **$N_{b,Rd}$** en una barra comprimida viene dada por:

$N_{b,Rd}$: *851.28* kN

Donde:

A_{ef}: Área de la sección eficaz para las secciones de clase 4. — A_{ef} : *60.78* cm²

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. — f_{yd} : *261.90* MPa

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) — f_y : *275.00* MPa

γ_{M1}: Coeficiente parcial de seguridad del material. — γ_{M1} : *1.05*

χ: Coeficiente de reducción por pandeo.

χ_y : *0.93*

χ_z : *0.53*

Siendo:

ϕ_y : *0.65*

ϕ_z : *1.26*

α: Coeficiente de imperfección elástica. — α_y : *0.21*, α_z : *0.34*

$\bar{\lambda}$: Esbeltez reducida.

$\bar{\lambda}_y$: *0.48*

$\bar{\lambda}_z$: *1.10*

N_{cr}: Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores: — N_{cr} : *1379.53* kN

$N_{cr,y}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y. — $N_{cr,y}$: *7201.94* kN

$N_{cr,z}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z. — $N_{cr,z}$: *1379.53* kN

$N_{cr,T}$: Axil crítico elástico de pandeo por torsión. — $N_{cr,T}$: ∞

<u>Resistencia a flexión eje Y</u> (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

η : ***0.182*** ✓

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N109, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q.

M_{Ed}^+: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. **M_{Ed}^+** : *38.30* kN·m

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N109, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(270°)H1.

M_{Ed}^-: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. **M_{Ed}^-** : *33.15* kN·m

El momento flector resistente de cálculo **$M_{c,Rd}$** viene dado por:

$M_{c,Rd}$: *210.65* kN·m

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple. **Clase** : *1*

$W_{pl,y}$: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2. **$W_{pl,y}$** : *804.30* cm³

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. **f_{yd}** : *261.90* MPa

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y** : *275.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. **γ_{M0}** : *1.05*

Resistencia a flexión eje Z (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

η : ***0.107*** ✓

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N109, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(0°)H2+0.75·N(R)2.

M_{Ed}^+: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. **M_{Ed}^+** : *4.31* kN·m

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N109, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(180°)H2+0.75·N(R)1.

M_{Ed}^-: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. **M_{Ed}^-** : *4.31* kN·m

El momento flector resistente de cálculo **$M_{c,Rd}$** viene dado por:

$M_{c,Rd}$: *40.25* kN·m

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple. **Clase** : *1*

$\mathbf{W_{pl,z}}$: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2. $\mathbf{W_{pl,z}}$: *153.70* cm³

$\mathbf{f_{yd}}$: Resistencia de cálculo del acero. $\mathbf{f_{yd}}$: *261.90* MPa

Siendo:

$\mathbf{f_y}$: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $\mathbf{f_y}$: *275.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{M0} : *1.05*

<u>Resistencia a corte Z</u> (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

η : ***0.047*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N85, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(270°)H1.

$\mathbf{V_{Ed}}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{V_{Ed}}$: *17.46* kN

El esfuerzo cortante resistente de cálculo $\mathbf{V_{c,Rd}}$ viene dado por:

$\mathbf{V_{c,Rd}}$: *374.25* kN

Donde:

$\mathbf{A_v}$: Área transversal a cortante. $\mathbf{A_v}$: *24.75* cm²

Siendo:

h: Canto de la sección. **h** : *330.00* mm

$\mathbf{t_w}$: Espesor del alma. $\mathbf{t_w}$: *7.50* mm

$\mathbf{f_{yd}}$: Resistencia de cálculo del acero. $\mathbf{f_{yd}}$: *261.90* MPa

Siendo:

$\mathbf{f_y}$: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $\mathbf{f_y}$: *275.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{M0} : *1.05*

Abolladura por cortante del alma: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.4)

Aunque no se han dispuesto rigidizadores transversales, no es necesario comprobar la resistencia a la abolladura del alma, puesto que se cumple:

40.93 < **64.71** ✓

Donde:

λ_w: Esbeltez del alma. λ_w : *40.93*

$\lambda_{máx}$: Esbeltez máxima. $\lambda_{máx}$: *64.71*

ε: Factor de reducción. ε : *0.92*

Siendo:

f_{ref}: Límite elástico de referencia. f_{ref} : *235.00* MPa

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) f_y : *275.00* MPa

Resistencia a corte Y (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

η : ***0.002*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(180°)H2+0.75·N(R)1.

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. V_{Ed} : *1.25* kN

El esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{c,Rd}$ viene dado por:

$V_{c,Rd}$: *598.42* kN

Donde:

A_v: Área transversal a cortante. A_v : *39.58* cm²

Siendo:

A: Área de la sección bruta. **A** : *62.60* cm²

d: Altura del alma. **d** : *307.00* mm

t_w: Espesor del alma. t_w : *7.50* mm

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. f_{yd} : *261.90* MPa

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) f_y : *275.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{M0} : *1.05*

Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo V_{Ed} no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante $V_{c,Rd}$.

11.13 kN ≤ 187.12 kN ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N109, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q.

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. V_{Ed} : *11.13* kN

$V_{c,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. $V_{c,Rd}$: *374.25* kN

Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo V_{Ed} no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante $V_{c,Rd}$.

1.25 kN ≤ 299.21 kN ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N109, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(180°)H2+0.75·N(R)1.

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. V_{Ed} : *1.25* kN

$V_{c,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. $V_{c,Rd}$: *598.42* kN

Resistencia a flexión y axil combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

η : ***0.260*** ✓

η : ***0.158*** ✓

η : ***0.180*** ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N109, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(0°)H2+0.75·N(EI).

Donde:

$N_{c,Ed}$: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.	**$N_{c,Ed}$** :	*22.87*	kN
$M_{y,Ed}$, $M_{z,Ed}$: Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente.	**$M_{y,Ed}^+$** :	*30.23*	kN·m
	$M_{z,Ed}^+$:	*4.13*	kN·m
Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de sus elementos planos, para axil y flexión simple.	**Clase** :	*1*	
$N_{pl,Rd}$: Resistencia a compresión de la sección bruta.	**$N_{pl,Rd}$** :	*1639.52*	kN
$M_{pl,Rd,y}$, $M_{pl,Rd,z}$: Resistencia a flexión de la sección bruta en condiciones plásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente.	**$M_{pl,Rd,y}$** :	*210.65*	kN·m
	$M_{pl,Rd,z}$:	*40.25*	kN·m

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.2)

A: Área de la sección bruta.	**A** :	*62.60*	cm²
$W_{pl,y}$, $W_{pl,z}$: Módulos resistentes plásticos correspondientes a la fibra comprimida, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.	**$W_{pl,y}$** :	*804.30*	cm³
	$W_{pl,z}$:	*153.70*	cm³
f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.	**f_{yd}** :	*261.90*	MPa

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)	**f_y** :	*275.00*	MPa
γ_{M1}: Coeficiente parcial de seguridad del material.	**γ_{M1}** :	*1.05*	

k_y, k_z: Coeficientes de interacción.

k_y : *1.00*

k_z : *1.04*

$C_{m,y}$, $C_{m,z}$: Factores de momento flector uniforme equivalente.

$C_{m,y}$: *0.55*
$C_{m,z}$: *1.00*

χ_y, χ_z: Coeficientes de reducción por pandeo, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.

χ_y : *0.93*
χ_z : *0.53*

$\bar{\lambda}_y$, $\bar{\lambda}_z$: Esbelteces reducidas con valores no mayores que 1.00, en relación a los ejes Y y Z, respectivamente.

$\bar{\lambda}_y$: *0.49*
$\bar{\lambda}_z$: *1.12*

α_y, α_z: Factores dependientes de la clase de la sección.

α_y : *0.60*
α_z : *0.60*

<u>Resistencia a flexión, axil y cortante combinados</u> (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir las resistencias de cálculo a flexión y a axil, ya que se puede ignorar el efecto de abolladura por esfuerzo cortante y, además, el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo $\mathbf{V_{Ed}}$ es menor o igual que el 50% del esfuerzo cortante resistente de cálculo $\mathbf{V_{c,Rd}}$.

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N109, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q.

11.13 kN ≤ 187.12 kN ✓

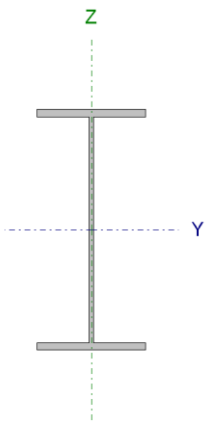
Donde:

$\mathbf{V_{Ed,z}}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{V_{Ed,z}}$: *11.13* kN

$\mathbf{V_{c,Rd,z}}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. $\mathbf{V_{c,Rd,z}}$: *374.25* kN

De la misma manera se procede ahora a la comprobación del ELU de la barra N86/N109, correspondiente a la parte inferior del pilar central del pórtico de fachada.

Perfil: IPE 400
Material: Acero (S275)



Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas			
Inicial	Final		Área (cm²)	I_y(1) (cm4)	I_z(1) (cm4)	I_t(2) (cm4)
N86	N109	4.900	84.50	23130.00	1318.00	51.08

Notas:
(1) Inercia respecto al eje indicado
(2) Momento de inercia a torsión uniforme

	Pandeo		Pandeo lateral	
	Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.
β	0.70	1.19	0.00	0.00
L_K	3.430	5.820	0.000	0.000
C_m	1.000	0.550	1.000	1.000
C_1	-		1.000	

Notación:
β: Coeficiente de pandeo
L_K: Longitud de pandeo (m)
C_m: Coeficiente de momentos
C_1: Factor de modificación para el momento crítico

<u>Limitación de esbeltez</u> (CTE DB SE-A, Artículos 6.3.1 y 6.3.2.1 - Tabla 6.3)

La esbeltez reducida $\bar{\lambda}$ de las barras comprimidas debe ser inferior al valor 2.0.

$\bar{\lambda}$: ***0.98*** ✓

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección. **Clase** : *4*

A_{ef}: Área de la sección eficaz para las secciones de clase 4. **A_{ef}** : *80.91* cm²

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y** : *275.00* MPa

N_{cr}: Axil crítico de pandeo elástico. **N_{cr}** : *2321.91* kN

El axil crítico de pandeo elástico **N_{cr}** es el menor de los valores obtenidos en a), b) y c):

a) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y. **$N_{cr,y}$** : *14153.01* kN

b) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z. **$N_{cr,z}$** : *2321.91* kN

c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión. **$N_{cr,T}$** : ∞

Donde:

I_y: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Y.	**I_y** :	*23130.00*	cm4
I_z: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z.	**I_z** :	*1318.00*	cm4
I_t: Momento de inercia a torsión uniforme.	**I_t** :	*51.08*	cm4
I_w: Constante de alabeo de la sección.	**I_w** :	*490000.00*	cm6
E: Módulo de elasticidad.	**E** :	*210000*	MPa
G: Módulo de elasticidad transversal.	**G** :	*81000*	MPa
L_{ky}: Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Y.	**L_{ky}** :	*5.820*	m
L_{kz}: Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Z.	**L_{kz}** :	*3.430*	m
L_{kt}: Longitud efectiva de pandeo por torsión.	**L_{kt}** :	*0.000*	m
i_0: Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión.	**i_0** :	*17.01*	cm

Siendo:

i_y , i_z: Radios de giro de la sección bruta, respecto a los ejes principales de inercia Y y Z.	**i_y** :	*16.54*	cm
	i_z :	*3.95*	cm
y_0 , z_0: Coordenadas del centro de torsión en la dirección de los ejes principales Y y Z, respectivamente, relativas al centro de gravedad de la sección.	**y_0** :	*0.00*	mm
	z_0 :	*0.00*	mm

<u>Abolladura del alma inducida por el ala comprimida</u> (Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: Eurocódigo 3 EN 1993-1-5: 2006, Artículo 8)

Se debe satisfacer:

$$43.37 \leq 263.21 \checkmark$$

Donde:

h_w: Altura del alma.	**h_w** :	*373.00*	mm
t_w: Espesor del alma.	**t_w** :	*8.60*	mm
A_w: Área del alma.	**A_w** :	*32.08*	cm²
$A_{fc,ef}$: Área reducida del ala comprimida.	**$A_{fc,ef}$** :	*24.30*	cm²
k: Coeficiente que depende de la clase de la sección.	**k** :	*0.30*	
E: Módulo de elasticidad.	**E** :	*210000*	MPa
f_{yf}: Límite elástico del acero del ala comprimida.	**f_{yf}** :	*275.00*	MPa

Siendo:

Resistencia a tracción (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3)

Se debe satisfacer:

η : ***0.008*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N109, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(270°)H1.

$N_{t,Ed}$: Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo. **$N_{t,Ed}$** : *16.79* kN

La resistencia de cálculo a tracción **$N_{t,Rd}$** viene dada por:

$N_{t,Rd}$: *2213.10* kN

Donde:

A: Área bruta de la sección transversal de la barra. **A** : *84.50* cm²

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. **f_{yd}** : *261.90* MPa

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y** : *275.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. **γ_{M0}** : *1.05*

Resistencia a compresión (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5)

Se debe satisfacer:

η : ***0.022*** ✓

η : ***0.035*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N86, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q.

$N_{c,Ed}$: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo. **$N_{c,Ed}$** : *45.62* kN

La resistencia de cálculo a compresión **$N_{c,Rd}$** viene dada por:

$N_{c,Rd}$: *2119.16* kN

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección. **Clase** : *4*

A_{ef}: Área de la sección eficaz para las secciones de clase 4. **A_{ef}** : *80.91* cm²

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. **f_{yd}** : *261.90* MPa

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y** : *275.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. **γ_{M0}** : *1.05*

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.2)

La resistencia de cálculo a pandeo **$N_{b,Rd}$** en una barra comprimida viene dada por:

$N_{b,Rd}$: *1293.62* kN

Donde:

A_{ef}: Área de la sección eficaz para las secciones de clase 4. **A_{ef}** : *80.91* cm²

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. **f_{yd}** : *261.90* MPa

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y** : *275.00* MPa

γ_{M1}: Coeficiente parcial de seguridad del material. **γ_{M1}** : *1.05*

χ: Coeficiente de reducción por pandeo.

χ_y : *0.95*

χ_z : *0.61*

Siendo:

ϕ_y : *0.60*

ϕ_z : *1.11*

α: Coeficiente de imperfección elástica.

α_y : *0.21*

α_z : *0.34*

$\bar{\lambda}$: Esbeltez reducida.

$\bar{\lambda}_y$: *0.40*

$\bar{\lambda}_z$: *0.98*

N_{cr}: Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores:

N_{cr} : *2321.91* kN

$N_{cr,y}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

$N_{cr,y}$: *14153.01* kN

$N_{cr,z}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

$N_{cr,z}$: *2321.91* kN

$N_{cr,T}$: Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

$N_{cr,T}$: ∞

<u>Resistencia a flexión eje Y</u> (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

η : ***0.293*** ✓

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N86, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q.

M_{Ed}^+: Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

M_{Ed}^+ : *92.31* kN·m

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N86, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(0°)H1.

M_{Ed}^-: Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

M_{Ed}^- : *100.36* kN·m

El momento flector resistente de cálculo **$M_{c,Rd}$** viene dado por:

$M_{c,Rd}$: *342.31* kN·m

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple.

Clase : *1*

$W_{pl,y}$: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

$W_{pl,y}$: *1307.00* cm³

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. **f_{yd}** : *261.90* MPa

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y** : *275.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. **γ_{M0}** : *1.05*

Resistencia a flexión eje Z (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

η : ***0.072*** ✓

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N109, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(0°)H2+0.75·N(R)2.

M_{Ed}^+: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. **M_{Ed}^+** : *4.31* kN·m

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N109, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(180°)H2+0.75·N(R)1.

M_{Ed}^-: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. **M_{Ed}^-** : *4.31* kN·m

El momento flector resistente de cálculo **$M_{c,Rd}$** viene dado por:

$M_{c,Rd}$: *59.98* kN·m

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple. **Clase** : *1*

$W_{pl,z}$: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2. **$W_{pl,z}$** : *229.00* cm³

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. **f_{yd}** : *261.90* MPa

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y** : *275.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. **γ_{M0}** : *1.05*

Resistencia a corte Z (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

η : ***0.070*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N86, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(0°)H1.

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. **V_{Ed}** : *36.61* kN

El esfuerzo cortante resistente de cálculo **$V_{c,Rd}$** viene dado por:

$V_{c,Rd}$: *520.17* kN

Donde:

A_v: Área transversal a cortante. **A_v** : *34.40* cm²

Siendo:

h: Canto de la sección. **h** : *400.00* mm

t_w: Espesor del alma. **t_w** : *8.60* mm

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. **f_{yd}** : *261.90* MPa

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y** : *275.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. **γ_{M0}** : *1.05*

Abolladura por cortante del alma: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.4)

Aunque no se han dispuesto rigidizadores transversales, no es necesario comprobar la resistencia a la abolladura del alma, puesto que se cumple:

43.37 < **64.71** ✓

Donde:

λ_w: Esbeltez del alma. **λ_w** : *43.37*

$\lambda_{máx}$: Esbeltez máxima. $\lambda_{máx}$: *64.71*

ε: Factor de reducción. ε : *0.92*

Siendo:

f_{ref}: Límite elástico de referencia. f_{ref} : *235.00* MPa

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) f_y : *275.00* MPa

Resistencia a corte Y (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

η : ***0.002*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(180°)H2+0.75·N(R)1.

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. V_{Ed} : *1.28* kN

El esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{c,Rd}$ viene dado por:

$V_{c,Rd}$: *792.68* kN

Donde:

A_v: Área transversal a cortante. A_v : *52.42* cm²

Siendo:

A: Área de la sección bruta. **A** : *84.50* cm²

d: Altura del alma. **d** : *373.00* mm

t_w: Espesor del alma. t_w : *8.60* mm

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. f_{yd} : *261.90* MPa

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) f_y : *275.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{M0} : *1.05*

Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo $\mathbf{V_{Ed}}$ no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante $\mathbf{V_{c,Rd}}$.

36.61 kN ≤ 260.08 kN ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(0°)H1.

$\mathbf{V_{Ed}}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{V_{Ed}}$: *36.61* kN

$\mathbf{V_{c,Rd}}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. $\mathbf{V_{c,Rd}}$: *520.17* kN

Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo $\mathbf{V_{Ed}}$ no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante $\mathbf{V_{c,Rd}}$.

1.28 kN ≤ 396.34 kN ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(180°)H2+0.75·N(R)1.

$\mathbf{V_{Ed}}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{V_{Ed}}$: *1.28* kN

$\mathbf{V_{c,Rd}}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. $\mathbf{V_{c,Rd}}$: *792.68* kN

Resistencia a flexión y axil combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

η : ***0.313*** ✓

η : ***0.177*** ✓

η : ***0.122*** ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N86, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(0°)H1.

Donde:

$N_{c,Ed}$: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.	$N_{c,Ed}$:	*18.52*	kN
$M_{y,Ed}$, $M_{z,Ed}$: Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente.	$M_{y,Ed}^{-}$:	*100.36*	kN·m
	$M_{z,Ed}^{-}$:	*0.67*	kN·m
Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de sus elementos planos, para axil y flexión simple.	**Clase** :	*1*	
$N_{pl,Rd}$: Resistencia a compresión de la sección bruta.	$N_{pl,Rd}$:	*2213.10*	kN
$M_{pl,Rd,y}$, $M_{pl,Rd,z}$: Resistencia a flexión de la sección bruta en condiciones plásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente.	$M_{pl,Rd,y}$:	*342.31*	kN·m
	$M_{pl,Rd,z}$:	*59.98*	kN·m

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.2)

A: Área de la sección bruta.	**A** :	*84.50*	cm²
$W_{pl,y}$, $W_{pl,z}$: Módulos resistentes plásticos correspondientes a la fibra comprimida, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.	$W_{pl,y}$:	*1307.00*	cm³
	$W_{pl,z}$:	*229.00*	cm³
f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.	f_{yd} :	*261.90*	MPa

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)	f_y :	*275.00*	MPa
γ_{M1}: Coeficiente parcial de seguridad del material.	γ_{M1} :	*1.05*	

k_y, k_z: Coeficientes de interacción.

k_y :	*1.00*	
k_z :	*1.02*	

$C_{m,y}$, $C_{m,z}$: Factores de momento flector uniforme equivalente.	$C_{m,y}$:	*0.55*	
	$C_{m,z}$:	*1.00*	
χ_y, χ_z: Coeficientes de reducción por pandeo, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.	χ_y :	*0.95*	
	χ_z :	*0.60*	
$\bar{\lambda}_y$, $\bar{\lambda}_z$: Esbelteces reducidas con valores no mayores que 1.00, en relación a los ejes Y y Z, respectivamente.	$\bar{\lambda}_y$:	*0.41*	
	$\bar{\lambda}_z$:	*1.00*	
α_y, α_z: Factores dependientes de la clase de la sección.	α_y :	*0.60*	
	α_z :	*0.60*	

Resistencia a flexión, axil y cortante combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir las resistencias de cálculo a flexión y a axil, ya que se puede ignorar el efecto de abolladura por esfuerzo cortante y, además, el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo $\mathbf{V_{Ed}}$ es menor o igual que el 50% del esfuerzo cortante resistente de cálculo $\mathbf{V_{c,Rd}}$.

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(0°)H1.

36.61 kN ≤ 260.08 kN ✓

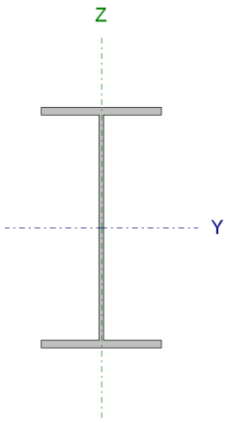
Donde:

$\mathbf{V_{Ed,z}}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{V_{Ed,z}}$: *36.61* kN

$\mathbf{V_{c,Rd,z}}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. $\mathbf{V_{c,Rd,z}}$: *520.17* kN

A continuación se muestra el Estado Limite Último de la Barra N81/N96 correspondiente al pilar lateral del pórtico de fachada.

Perfil: IPE 300
Material: Acero (S275)



Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas			
Inicial	Final		Área (cm²)	I_y(1) (cm4)	I_z(1) (cm4)	I_t(2) (cm4)
N81	N96	4.900	53.80	8356.00	603.80	20.12

Notas:
(1) Inercia respecto al eje indicado
(2) Momento de inercia a torsión uniforme

	Pandeo		Pandeo lateral	
	Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.
β	0.70	1.00	0.00	0.00
L_K	3.430	4.900	0.000	0.000
C_m	1.000	0.550	1.000	1.000
C_1	-		1.000	

Notación:
β: Coeficiente de pandeo
L_K: Longitud de pandeo (m)
C_m: Coeficiente de momentos
C_1: Factor de modificación para el momento crítico

Limitación de esbeltez (CTE DB SE-A, Artículos 6.3.1 y 6.3.2.1 - Tabla 6.3)

La esbeltez reducida $\bar{\lambda}$ de las barras comprimidas debe ser inferior al valor 2.0.

$\bar{\lambda}$: ***1.17*** ✓

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección. **Clase** : *4*

$\mathbf{A_{ef}}$: Área de la sección eficaz para las secciones de clase 4. $\mathbf{A_{ef}}$: *52.70* cm²

$\mathbf{f_y}$: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $\mathbf{f_y}$: *275.00* MPa

$\mathbf{N_{cr}}$: Axil crítico de pandeo elástico. $\mathbf{N_{cr}}$: *1063.71* kN

El axil crítico de pandeo elástico $\mathbf{N_{cr}}$ es el menor de los valores obtenidos en a), b) y c):

a) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y. $\mathbf{N_{cr,y}}$: *7213.16* kN

b) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z. $\mathbf{N_{cr,z}}$: *1063.71* kN

c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión. $\mathbf{N_{cr,T}}$: ∞

Donde:

$\mathbf{I_y}$: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Y. $\mathbf{I_y}$: *8356.00* cm4

$\mathbf{I_z}$: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z. $\mathbf{I_z}$: *603.80* cm4

$\mathbf{I_t}$: Momento de inercia a torsión uniforme. $\mathbf{I_t}$: *20.12* cm4

$\mathbf{I_w}$: Constante de alabeo de la sección. $\mathbf{I_w}$: *125900.00* cm6

E: Módulo de elasticidad. **E** : *210000* MPa

G: Módulo de elasticidad transversal. **G** : *81000* MPa

$\mathbf{L_{ky}}$: Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Y. $\mathbf{L_{ky}}$: *4.900* m

$\mathbf{L_{kz}}$: Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Z. $\mathbf{L_{kz}}$: *3.430* m

$\mathbf{L_{kt}}$: Longitud efectiva de pandeo por torsión. $\mathbf{L_{kt}}$: *0.000* m

$\mathbf{i_0}$: Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión. $\mathbf{i_0}$: *12.91* cm

Siendo:

$\mathbf{i_y}$, $\mathbf{i_z}$: Radios de giro de la sección bruta, respecto a los ejes principales de inercia Y y Z. $\mathbf{i_y}$: *12.46* cm

$\mathbf{i_z}$: *3.35* cm

$\mathbf{y_0}$, $\mathbf{z_0}$: Coordenadas del centro de torsión en la dirección de los ejes principales Y y Z, respectivamente, relativas al centro de gravedad de la sección. $\mathbf{y_0}$: *0.00* mm

$\mathbf{z_0}$: *0.00* mm

Abolladura del alma inducida por el ala comprimida (Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: Eurocódigo 3 EN 1993-1-5: 2006, Artículo 8)

Se debe satisfacer:

39.24 ≤ 254.33 ✓

Donde:

h_w: Altura del alma.	h_w :	*278.60*	mm
t_w: Espesor del alma.	t_w :	*7.10*	mm
A_w: Área del alma.	A_w :	*19.78*	cm²
$A_{fc,ef}$: Área reducida del ala comprimida.	$A_{fc,ef}$:	*16.05*	cm²
k: Coeficiente que depende de la clase de la sección.	**k** :	*0.30*	
E: Módulo de elasticidad.	**E** :	*210000*	MPa
f_{yf}: Límite elástico del acero del ala comprimida.	f_{yf} :	*275.00*	MPa

Siendo:

Resistencia a tracción (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3)

Se debe satisfacer:

η : ***0.006*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N96, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(270°)H1.

$N_{t,Ed}$: Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo. $N_{t,Ed}$: *8.60* kN

La resistencia de cálculo a tracción $N_{t,Rd}$ viene dada por:

$N_{t,Rd}$: *1409.05* kN

Donde:

A: Área bruta de la sección transversal de la barra.	**A** :	*53.80*	cm²
f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.	f_{yd} :	*261.90*	MPa

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)	f_y :	*275.00*	MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{M0} : *1.05*

Resistencia a compresión (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5)

Se debe satisfacer:

η : ***0.031*** ✓

η : ***0.063*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N81, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(90°)H1+0.75·N(EI).

$N_{c,Ed}$: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo. $N_{c,Ed}$: *43.39* kN

La resistencia de cálculo a compresión $N_{c,Rd}$ viene dada por:

$N_{c,Rd}$: *1380.14* kN

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección. **Clase** : *4*

A_{ef}: Área de la sección eficaz para las secciones de clase 4. A_{ef} : *52.70* cm²

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. f_{yd} : *261.90* MPa

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) f_y : *275.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{M0} : *1.05*

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.2)

La resistencia de cálculo a pandeo $N_{b,Rd}$ en una barra comprimida viene dada por:

$N_{b,Rd}$: *684.88* kN

Donde:

A_{ef}: Área de la sección eficaz para las secciones de clase 4. — A_{ef} : *52.70* cm²

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. — f_{yd} : *261.90* MPa

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) — f_y : *275.00* MPa

γ_{M1}: Coeficiente parcial de seguridad del material. — γ_{M1} : *1.05*

χ: Coeficiente de reducción por pandeo.

χ_y : *0.94*

χ_z : *0.50*

Siendo:

ϕ_y : *0.63*

ϕ_z : *1.35*

α: Coeficiente de imperfección elástica. — α_y : *0.21*, α_z : *0.34*

$\bar{\lambda}$: Esbeltez reducida.

$\bar{\lambda}_y$: *0.45*

$\bar{\lambda}_z$: *1.17*

N_{cr}: Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores: — N_{cr} : *1063.71* kN

$N_{cr,y}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y. — $N_{cr,y}$: *7213.16* kN

$N_{cr,z}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z. — $N_{cr,z}$: *1063.71* kN

$N_{cr,T}$: Axil crítico elástico de pandeo por torsión. — $N_{cr,T}$: ∞

<u>Resistencia a flexión eje Y</u> (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

η : ***0.090*** ✓

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N81, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(270°)H1.

M_{Ed}^{+}: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. M_{Ed}^{+} : *12.51* kN·m

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N81, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(0°)H2+0.75·N(EI).

M_{Ed}^{-}: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. M_{Ed}^{-} : *14.85* kN·m

El momento flector resistente de cálculo $M_{c,Rd}$ viene dado por:

$M_{c,Rd}$: *164.58* kN·m

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple. **Clase** : *1*

$W_{pl,y}$: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2. $W_{pl,y}$: *628.40* cm³

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. f_{yd} : *261.90* MPa

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) f_y : *275.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{M0} : *1.05*

Resistencia a flexión eje Z (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

η : ***0.236*** ✓

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N96, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(0°)H2+0.75·N(R)2.

M_{Ed}^{+}: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. M_{Ed}^{+} : *7.73* kN·m

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N96, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(180°)H2+0.75·N(R)1.

M_{Ed}^{-}: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. M_{Ed}^{-} : *5.83* kN·m

El momento flector resistente de cálculo $M_{c,Rd}$ viene dado por:

$M_{c,Rd}$: *32.79* kN·m

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple. **Clase** : *1*

$\mathbf{W_{pl,z}}$: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2. $\mathbf{W_{pl,z}}$: *125.20* cm³

$\mathbf{f_{yd}}$: Resistencia de cálculo del acero. $\mathbf{f_{yd}}$: *261.90* MPa

Siendo:

$\mathbf{f_y}$: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $\mathbf{f_y}$: *275.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{M0} : *1.05*

Resistencia a corte Z (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

η : ***0.041*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N81, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(0°)H2+0.75·N(EI).

$\mathbf{V_{Ed}}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{V_{Ed}}$: *13.06* kN

El esfuerzo cortante resistente de cálculo $\mathbf{V_{c,Rd}}$ viene dado por:

$\mathbf{V_{c,Rd}}$: *322.08* kN

Donde:

$\mathbf{A_v}$: Área transversal a cortante. $\mathbf{A_v}$: *21.30* cm²

Siendo:

h: Canto de la sección. **h** : *300.00* mm

$\mathbf{t_w}$: Espesor del alma. $\mathbf{t_w}$: *7.10* mm

$\mathbf{f_{yd}}$: Resistencia de cálculo del acero. $\mathbf{f_{yd}}$: *261.90* MPa

Siendo:

$\mathbf{f_y}$: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $\mathbf{f_y}$: *275.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{M0} : *1.05*

Abolladura por cortante del alma: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.4)

Aunque no se han dispuesto rigidizadores transversales, no es necesario comprobar la resistencia a la abolladura del alma, puesto que se cumple:

39.24 < **64.71** ✓

Donde:

λ_w: Esbeltez del alma. λ_w : *39.24*

$\lambda_{máx}$: Esbeltez máxima. $\lambda_{máx}$: *64.71*

ε: Factor de reducción. ε : *0.92*

Siendo:

f_{ref}: Límite elástico de referencia. f_{ref} : *235.00* MPa

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) f_y : *275.00* MPa

Resistencia a corte Y (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

η : ***0.017*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N81, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(270°)H1+0.75·N(R)2.

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. V_{Ed} : *8.69* kN

El esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{c,Rd}$ viene dado por:

$V_{c,Rd}$: *514.41* kN

Donde:

A_v: Área transversal a cortante. A_v : *34.02* cm²

Siendo:

A: Área de la sección bruta. **A** : *53.80* cm²
d: Altura del alma. **d** : *278.60* mm
t_w: Espesor del alma. **t_w** : *7.10* mm

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. **f_{yd}** : *261.90* MPa

Siendo:
f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y** : *275.00* MPa
γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. **γ_{M0}** : *1.05*

Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo **V_{Ed}** no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante **$V_{c,Rd}$**.

13.06 kN ≤ 161.04 kN ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(0°)H2+0.75·N(EI).

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. **V_{Ed}** : *13.06* kN

$V_{c,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. **$V_{c,Rd}$** : *322.08* kN

Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo **V_{Ed}** no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante **$V_{c,Rd}$**.

8.69 kN ≤ 257.21 kN ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(270°)H1+0.75·N(R)2.

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. **V_{Ed}** : *8.69* kN

$V_{c,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. **$V_{c,Rd}$** : *514.41* kN

Resistencia a flexión y axil combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

η : ***0.408*** ✓

η : ***0.410*** ✓

η : ***0.429*** ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N96, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(0°)H2+0.75·N(R)2.

Donde:

$N_{c,Ed}$: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.	**$N_{c,Ed}$** :	*30.32*	kN
$M_{y,Ed}$, $M_{z,Ed}$: Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente.	**$M_{y,Ed}^-$** :	*2.89*	kN·m
	$M_{z,Ed}^+$:	*7.73*	kN·m
Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de sus elementos planos, para axil y flexión simple.	**Clase** :	*3*	
$N_{pl,Rd}$: Resistencia a compresión de la sección bruta.	**$N_{pl,Rd}$** :	*1409.05*	kN
$M_{el,Rd,y}$, $M_{el,Rd,z}$: Resistencia a flexión de la sección bruta en condiciones elásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente.	**$M_{el,Rd,y}$** :	*145.90*	kN·m
	$M_{el,Rd,z}$:	*21.09*	kN·m

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.2)

A: Área de la sección bruta.	**A** :	*53.80*	cm²
$W_{el,y}$, $W_{el,z}$: Módulos resistentes elásticos correspondientes a la fibra comprimida, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.	**$W_{el,y}$** :	*557.07*	cm³
	$W_{el,z}$:	*80.51*	cm³
f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.	**f_{yd}** :	*261.90*	MPa

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)	**f_y** :	*275.00*	MPa
γ_{M1}: Coeficiente parcial de seguridad del material.	**γ_{M1}** :	*1.05*	

k_y, k_z: Coeficientes de interacción.

k_y : *1.01*

k_z : *1.03*

$C_{m,y}$, $C_{m,z}$: Factores de momento flector uniforme equivalente.

$C_{m,y}$: *0.55*
$C_{m,z}$: *1.00*

χ_y, χ_z: Coeficientes de reducción por pandeo, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.

χ_y : *0.94*
χ_z : *0.49*

$\bar{\lambda}_y$, $\bar{\lambda}_z$: Esbelteces reducidas con valores no mayores que 1.00, en relación a los ejes Y y Z, respectivamente.

$\bar{\lambda}_y$: *0.45*
$\bar{\lambda}_z$: *1.18*

α_y, α_z: Factores dependientes de la clase de la sección.

α_y : *0.80*
α_z : *1.00*

Resistencia a flexión, axil y cortante combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir las resistencias de cálculo a flexión y a axil, ya que se puede ignorar el efecto de abolladura por esfuerzo cortante y, además, el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo V_{Ed} es menor o igual que el 50% del esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{c,Rd}$.

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(0°)H2+0.75·N(EI).

13.06 kN ≤ 160.85 kN ✓

Donde:

$V_{Ed,z}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $V_{Ed,z}$: *13.06* kN

$V_{c,Rd,z}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. $V_{c,Rd,z}$: *321.70* kN

Resistencia a torsión (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.7)

Se debe satisfacer:

η : ***0.003*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q.

$M_{T,Ed}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo. $M_{T,Ed}$: *0.01* kN·m

El momento torsor resistente de cálculo $\mathbf{M_{T,Rd}}$ viene dado por:

$\mathbf{M_{T,Rd}}$: *2.84* kN·m

Donde:

$\mathbf{W_T}$: Módulo de resistencia a torsión. $\mathbf{W_T}$: *18.80* cm³

$\mathbf{f_{yd}}$: Resistencia de cálculo del acero. $\mathbf{f_{yd}}$: *261.90* MPa

Siendo:

$\mathbf{f_y}$: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $\mathbf{f_y}$: *275.00* MPa

$\gamma_{\mathbf{M0}}$: Coeficiente parcial de seguridad del material. $\gamma_{\mathbf{M0}}$: *1.05*

<u>Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados</u> (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

η : ***0.001*** ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q.

$\mathbf{V_{Ed}}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{V_{Ed}}$: *0.21* kN

$\mathbf{M_{T,Ed}}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{M_{T,Ed}}$: *0.01* kN·m

El esfuerzo cortante resistente de cálculo reducido $\mathbf{V_{pl,T,Rd}}$ viene dado por:

$\mathbf{V_{pl,T,Rd}}$: *321.70* kN

Donde:

$\mathbf{V_{pl,Rd}}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. $\mathbf{V_{pl,Rd}}$: *322.08* kN

$\tau_{\mathbf{T,Ed}}$: Tensiones tangenciales por torsión. $\tau_{\mathbf{T,Ed}}$: *0.44* MPa

Siendo:

$\mathbf{W_T}$: Módulo de resistencia a torsión. $\mathbf{W_T}$: *18.80* cm³

$\mathbf{f_{yd}}$: Resistencia de cálculo del acero. $\mathbf{f_{yd}}$: *261.90* MPa

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) — f_y : *275.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. — γ_{M0} : *1.05*

Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$\eta <$ ***0.001*** ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q.

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. — V_{Ed} : *0.05* kN

$M_{T,Ed}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo. — $M_{T,Ed}$: *0.01* kN·m

El esfuerzo cortante resistente de cálculo reducido $V_{pl,T,Rd}$ viene dado por:

$V_{pl,T,Rd}$: *513.81* kN

Donde:

$V_{pl,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. — $V_{pl,Rd}$: *514.41* kN

$\tau_{T,Ed}$: Tensiones tangenciales por torsión. — $\tau_{T,Ed}$: *0.44* MPa

Siendo:

W_T: Módulo de resistencia a torsión. — W_T : *18.80* cm³

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. — f_{yd} : *261.90* MPa

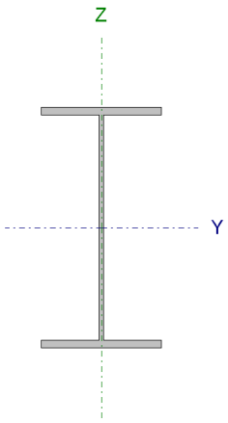
Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) — f_y : *275.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. — γ_{M0} : *1.05*

Barra N96/N82(Barra lateral del pórtico de fachada)

Perfil: IPE 300
Material: Acero (S275)



Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas			
Inicial	Final		Área (cm²)	I_y(1) (cm4)	I_z(1) (cm4)	I_t(2) (cm4)
N96	N82	2.100	53.80	8356.00	603.80	20.12

Notas:
(1) Inercia respecto al eje indicado
(2) Momento de inercia a torsión uniforme

	Pandeo		Pandeo lateral	
	Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.
β	1.00	2.33	0.00	0.00
L_K	2.100	4.900	0.000	0.000
C_m	1.000	0.550	1.000	1.000
C_1	-		1.000	

Notación:
β: Coeficiente de pandeo
L_K: Longitud de pandeo (m)
C_m: Coeficiente de momentos
C_1: Factor de modificación para el momento crítico

Limitación de esbeltez (CTE DB SE-A, Artículos 6.3.1 y 6.3.2.1 - Tabla 6.3)

La esbeltez reducida $\bar{\lambda}$ de las barras comprimidas debe ser inferior al valor 2.0.

$\bar{\lambda}$: ***0.71*** ✓

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección. **Clase** : *4*

A_{ef}: Área de la sección eficaz para las secciones de clase 4. **A_{ef}** : *52.70* cm²

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y** : *275.00* MPa

N_{cr}: Axil crítico de pandeo elástico. **N_{cr}** : *2837.75* kN

El axil crítico de pandeo elástico **N_{cr}** es el menor de los valores obtenidos en a), b) y c):

a) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y. **$N_{cr,y}$** : *7213.16* kN

b) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z. **$N_{cr,z}$** : *2837.75* kN

c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión. **$N_{cr,T}$** : ∞

Donde:

I_y: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Y.	**I_y** :	*8356.00*	cm4
I_z: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z.	**I_z** :	*603.80*	cm4
I_t: Momento de inercia a torsión uniforme.	**I_t** :	*20.12*	cm4
I_w: Constante de alabeo de la sección.	**I_w** :	*125900.00*	cm6
E: Módulo de elasticidad.	**E** :	*210000*	MPa
G: Módulo de elasticidad transversal.	**G** :	*81000*	MPa
L_{ky}: Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Y.	**L_{ky}** :	*4.900*	m
L_{kz}: Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Z.	**L_{kz}** :	*2.100*	m
L_{kt}: Longitud efectiva de pandeo por torsión.	**L_{kt}** :	*0.000*	m
i_0: Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión.	**i_0** :	*12.91*	cm

Siendo:

i_y , i_z: Radios de giro de la sección bruta, respecto a los ejes principales de inercia Y y Z.	**i_y** :	*12.46*	cm
	i_z :	*3.35*	cm
y_0 , z_0: Coordenadas del centro de torsión en la dirección de los ejes principales Y y Z, respectivamente, relativas al centro de gravedad de la sección.	**y_0** :	*0.00*	mm
	z_0 :	*0.00*	mm

<u>Abolladura del alma inducida por el ala comprimida</u> (Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: Eurocódigo 3 EN 1993-1-5: 2006, Artículo 8)

Se debe satisfacer:

$$\mathbf{39.24 \leq 254.33} \checkmark$$

Donde:

h_w: Altura del alma.	**h_w** :	*278.60*	mm
t_w: Espesor del alma.	**t_w** :	*7.10*	mm
A_w: Área del alma.	**A_w** :	*19.78*	cm²
$A_{fc,ef}$: Área reducida del ala comprimida.	**$A_{fc,ef}$** :	*16.05*	cm²
k: Coeficiente que depende de la clase de la sección.	**k** :	*0.30*	
E: Módulo de elasticidad.	**E** :	*210000*	MPa
f_{yf}: Límite elástico del acero del ala comprimida.	**f_{yf}** :	*275.00*	MPa

Siendo:

Resistencia a tracción (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3)

Se debe satisfacer:

η : ***0.005*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N82, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(270°)H1.

$N_{t,Ed}$: Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo. **$N_{t,Ed}$** : *7.43* kN

La resistencia de cálculo a tracción **$N_{t,Rd}$** viene dada por:

$N_{t,Rd}$: *1409.05* kN

Donde:

A: Área bruta de la sección transversal de la barra. **A** : *53.80* cm²

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. **f_{yd}** : *261.90* MPa

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y** : *275.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. **γ_{M0}** : *1.05*

Resistencia a compresión (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5)

Se debe satisfacer:

η : ***0.010*** ✓

η : ***0.013*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N96, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q.

$N_{c,Ed}$: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo. **$N_{c,Ed}$** : *14.11* kN

La resistencia de cálculo a compresión **$N_{c,Rd}$** viene dada por:

$N_{c,Rd}$:	138 0.14	kN

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección.	**Clase** :	4	
A_{ef}: Área de la sección eficaz para las secciones de clase 4.	A_{ef} :	52.70	cm²
f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.	f_{yd} :	261.90	MPa

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)	f_y :	275.00	MPa
γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material.	γ_{M0} :	1.05	

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.2)

La resistencia de cálculo a pandeo **$N_{b,Rd}$** en una barra comprimida viene dada por:

$N_{b,Rd}$:	107 0.15	kN

Donde:

A_{ef}: Área de la sección eficaz para las secciones de clase 4.	A_{ef} :	52.70	cm²
f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.	f_{yd} :	261.90	MPa

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)	f_y :	275.00	MPa
γ_{M1}: Coeficiente parcial de seguridad del material.	γ_{M1} :	1.05	

χ: Coeficiente de reducción por pandeo.

Siendo:

χ_y : *0.94*

χ_z : *0.78*

ϕ_y : *0.63*

ϕ_z : *0.84*

α: Coeficiente de imperfección elástica.

α_y : *0.21*

α_z : *0.34*

$\bar{\lambda}$: Esbeltez reducida.

$\bar{\lambda}_y$: *0.45*

$\bar{\lambda}_z$: *0.71*

$\mathbf{N_{cr}}$: Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores:

$\mathbf{N_{cr}}$: *283 7.75* kN

$\mathbf{N_{cr,y}}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

$\mathbf{N_{cr,y}}$: *721 3.16* kN

$\mathbf{N_{cr,z}}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

$\mathbf{N_{cr,z}}$: *283 7.75* kN

$\mathbf{N_{cr,T}}$: Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

$\mathbf{N_{cr,T}}$: ∞

<u>Resistencia a flexión eje Y</u> (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

η : ***0.020*** ✓

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N96, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(270°)H1+0.75·N(EI).

$\mathbf{M_{Ed}^+}$: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{M_{Ed}^+}$: *1.79* kN·m

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N96, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(0°)H1.

M_{Ed}^-: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. **M_{Ed}^-** : *3.34* kN·m

El momento flector resistente de cálculo **$M_{c,Rd}$** viene dado por:

$M_{c,Rd}$: *164.58* kN·m

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple. **Clase** : *1*

$W_{pl,y}$: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2. **$W_{pl,y}$** : *628.40* cm³

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. **f_{yd}** : *261.90* MPa

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y** : *275.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. **γ_{M0}** : *1.05*

<u>Resistencia a flexión eje Z</u> (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

η : ***0.277*** ✓

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N96, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(0°)H2+0.75·N(R)2.

M_{Ed}^+: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. **M_{Ed}^+** : *9.09* kN·m

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N96, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(180°)H2+0.75·N(R)1.

M_{Ed}^-: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. **M_{Ed}^-** : *8.56* kN·m

El momento flector resistente de cálculo **$M_{c,Rd}$** viene dado por:

$M_{c,Rd}$: *32.79* kN·m

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple. **Clase** : *1*

$W_{pl,z}$: *125.20* cm³

$W_{pl,z}$: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. **f_{yd}** : *261.90* MPa

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y** : *275.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. **γ_{M0}** : *1.05*

Resistencia a corte Z (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

η : ***0.019*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N96, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(0°)H1.

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. **V_{Ed}** : *6.14* kN

El esfuerzo cortante resistente de cálculo **$V_{c,Rd}$** viene dado por:

$V_{c,Rd}$: *322.08* kN

Donde:

A_v: Área transversal a cortante. **A_v** : *21.30* cm²

Siendo:

h: Canto de la sección. **h** : *300.00* mm

t_w: Espesor del alma. **t_w** : *7.10* mm

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. **f_{yd}** : *261.90* MPa

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y** : *275.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. **γ_{M0}** : *1.05*

Abolladura por cortante del alma: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.4)

Aunque no se han dispuesto rigidizadores transversales, no es necesario comprobar la resistencia a la abolladura del alma, puesto que se cumple:

39.24 < **64.71** ✓

Donde:

λ_w: Esbeltez del alma. λ_w : *39.24*

$\lambda_{máx}$: Esbeltez máxima. $\lambda_{máx}$: *64.71*

ε: Factor de reducción. ε : *0.92*

Siendo:

f_{ref}: Límite elástico de referencia. f_{ref} : *235.00* MPa

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) f_y : *275.00* MPa

Resistencia a corte Y (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

η : ***0.013*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N96, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(0°)H2+0.75·N(R)2.

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. V_{Ed} : *6.44* kN

El esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{c,Rd}$ viene dado por:

$V_{c,Rd}$: *514.41* kN

Donde:

A_v: Área transversal a cortante. A_v : *34.02* cm²

Siendo:

A: Área de la sección bruta. **A** : *53.80* cm²

d: Altura del alma. **d** : *278.60* mm

t_w: Espesor del alma. t_w : *7.10* mm

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. f_{yd} : *261.90* MPa

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) f_y : *275.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{M0} : *1.05*

Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo V_{Ed} no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante $V_{c,Rd}$.

6.14 kN ≤ 161.04 kN ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N96, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(0°)H1.

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. V_{Ed} : *6.14* kN

$V_{c,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. $V_{c,Rd}$: *322.08* kN

Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo V_{Ed} no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante $V_{c,Rd}$.

6.44 kN ≤ 257.21 kN ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N96, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(0°)H2+0.75·N(R)2.

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. V_{Ed} : *6.44* kN

$V_{c,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. $V_{c,Rd}$: *514.41* kN

Resistencia a flexión y axil combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

η : ***0.357*** ✓

η : ***0.355*** ✓

η : ***0.356*** ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.210 m del nudo N96, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(180°)H2+0.75·N(EI).

Donde:

$N_{c,Ed}$: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo. — $N_{c,Ed}$: *7.54* kN

$M_{y,Ed}$, $M_{z,Ed}$: Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente. — $M_{y,Ed}^{-}$: *1.02* kN·m; $M_{z,Ed}^{-}$: *7.27* kN·m

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de sus elementos planos, para axil y flexión simple. — **Clase** : *3*

$N_{pl,Rd}$: Resistencia a compresión de la sección bruta. — $N_{pl,Rd}$: *1409.05* kN

$M_{el,Rd,y}$, $M_{el,Rd,z}$: Resistencia a flexión de la sección bruta en condiciones elásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente. — $M_{el,Rd,y}$: *145.90* kN·m; $M_{el,Rd,z}$: *21.09* kN·m

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.2)

A: Área de la sección bruta. — **A** : *53.80* cm²

$W_{el,y}$, $W_{el,z}$: Módulos resistentes elásticos correspondientes a la fibra comprimida, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente. — $W_{el,y}$: *557.07* cm³; $W_{el,z}$: *80.51* cm³

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. — f_{yd} : *261.90* MPa

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) — f_y : *275.00* MPa

γ_{M1}: Coeficiente parcial de seguridad del material. — γ_{M1} : *1.05*

k_y, k_z: Coeficientes de interacción.

k_y : *1.00*

k_z : *1.00*

$C_{m,y}$, $C_{m,z}$: Factores de momento flector uniforme equivalente. — $C_{m,y}$: *0.55*; $C_{m,z}$: *1.00*

χ_y, χ_z: Coeficientes de reducción por pandeo, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.

χ_y : *0.94*
χ_z : *0.77*

$\bar{\lambda}_y$, $\bar{\lambda}_z$: Esbelteces reducidas con valores no mayores que 1.00, en relación a los ejes Y y Z, respectivamente.

$\bar{\lambda}_y$: *0.45*
$\bar{\lambda}_z$: *0.72*

α_y, α_z: Factores dependientes de la clase de la sección.

α_y : *0.80*
α_z : *1.00*

Resistencia a flexión, axil y cortante combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir las resistencias de cálculo a flexión y a axil, ya que se puede ignorar el efecto de abolladura por esfuerzo cortante y, además, el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo $\mathbf{V_{Ed}}$ es menor o igual que el 50% del esfuerzo cortante resistente de cálculo $\mathbf{V_{c,Rd}}$.

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N96, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(0°)H1.

6.14 kN ≤ 161.04 kN ✓

Donde:

$\mathbf{V_{Ed,z}}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

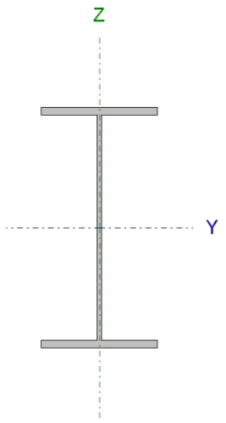
$\mathbf{V_{Ed,z}}$: *6.14* kN

$\mathbf{V_{c,Rd,z}}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$\mathbf{V_{c,Rd,z}}$: *322.08* kN

Barra N87/N102(pilar inferior del pilar intermedio del pórtico de fachada)

Perfil: IPE 330
Material: Acero (S275)



Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas			
Inicial	Final		Área (cm²)	I_y(1) (cm4)	I_z(1) (cm4)	I_t(2) (cm4)
N87	N102	4.900	62.60	11770.00	788.10	28.15

Notas:
(1) Inercia respecto al eje indicado
(2) Momento de inercia a torsión uniforme

	Pandeo		Pandeo lateral	
	Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.
β	0.70	1.10	0.00	0.00
L_K	3.430	5.369	0.000	0.000
C_m	1.000	0.550	1.000	1.000
C_1	-		1.000	

Notación:
β: Coeficiente de pandeo
L_K: Longitud de pandeo (m)
C_m: Coeficiente de momentos
C_1: Factor de modificación para el momento crítico

Limitación de esbeltez (CTE DB SE-A, Artículos 6.3.1 y 6.3.2.1 - Tabla 6.3)

La esbeltez reducida $\bar{\lambda}$ de las barras comprimidas debe ser inferior al valor 2.0.

$\bar{\lambda}$: ***1.10*** ✓

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección. **Clase** : *4*

A_{ef}: Área de la sección eficaz para las secciones de clase 4. **A_{ef}** : *60.78* cm²

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y** : *275.00* MPa

N_{cr}: Axil crítico de pandeo elástico. **N_{cr}** : *1388.39* kN

El axil crítico de pandeo elástico **N_{cr}** es el menor de los valores obtenidos en a), b) y c):

a) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y. **$N_{cr,y}$** : *8462.70* kN

b) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z. **$N_{cr,z}$** : *1388.39* kN

c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión. **$N_{cr,T}$** : ∞

Donde:

I_y: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Y.	**I_y** :	*11770.00*	cm4
I_z: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z.	**I_z** :	*788.10*	cm4
I_t: Momento de inercia a torsión uniforme.	**I_t** :	*28.15*	cm4
I_w: Constante de alabeo de la sección.	**I_w** :	*199100.00*	cm6
E: Módulo de elasticidad.	**E** :	*210000*	MPa
G: Módulo de elasticidad transversal.	**G** :	*81000*	MPa
L_{ky}: Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Y.	**L_{ky}** :	*5.369*	m
L_{kz}: Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Z.	**L_{kz}** :	*3.430*	m
L_{kt}: Longitud efectiva de pandeo por torsión.	**L_{kt}** :	*0.000*	m
i_0: Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión.	**i_0** :	*14.16*	cm

Siendo:

i_y , i_z: Radios de giro de la sección bruta, respecto a los ejes principales de inercia Y y Z.	**i_y** :	*13.71*	cm
	i_z :	*3.55*	cm
y_0 , z_0: Coordenadas del centro de torsión en la dirección de los ejes principales Y y Z, respectivamente, relativas al centro de gravedad de la sección.	**y_0** :	*0.00*	mm
	z_0 :	*0.00*	mm

<u>Abolladura del alma inducida por el ala comprimida</u> (Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: Eurocódigo 3 EN 1993-1-5: 2006, Artículo 8)

Se debe satisfacer:

$$\mathbf{40.93 \leq 256.27} \checkmark$$

Donde:

h_w: Altura del alma.	**h_w** :	*307.00*	mm
t_w: Espesor del alma.	**t_w** :	*7.50*	mm
A_w: Área del alma.	**A_w** :	*23.03*	cm²
$A_{fc,ef}$: Área reducida del ala comprimida.	**$A_{fc,ef}$** :	*18.40*	cm²
k: Coeficiente que depende de la clase de la sección.	**k** :	*0.30*	
E: Módulo de elasticidad.	**E** :	*210000*	MPa
f_{yf}: Límite elástico del acero del ala comprimida.	**f_{yf}** :	*275.00*	MPa

Siendo:

Resistencia a tracción (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3)

Se debe satisfacer:

η : ***0.007*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N102, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(270°)H1.

$N_{t,Ed}$: Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo. **$N_{t,Ed}$** : *11.90* kN

La resistencia de cálculo a tracción **$N_{t,Rd}$** viene dada por:

$N_{t,Rd}$: *1639.52* kN

Donde:

A: Área bruta de la sección transversal de la barra. **A** : *62.60* cm²

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. **f_{yd}** : *261.90* MPa

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y** : *275.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. **γ_{M0}** : *1.05*

Resistencia a compresión (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5)

Se debe satisfacer:

η : ***0.031*** ✓

η : ***0.058*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N87, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(0°)H2+0.75·N(R)2.

$N_{c,Ed}$: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo. **$N_{c,Ed}$** : *49.71* kN

La resistencia de cálculo a compresión $\mathbf{N_{c,Rd}}$ viene dada por:

$\mathbf{N_{c,Rd}}$: *1591.73* kN

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección. **Clase** : *4*

$\mathbf{A_{ef}}$: Área de la sección eficaz para las secciones de clase 4. $\mathbf{A_{ef}}$: *60.78* cm²

$\mathbf{f_{yd}}$: Resistencia de cálculo del acero. $\mathbf{f_{yd}}$: *261.90* MPa

Siendo:

$\mathbf{f_y}$: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $\mathbf{f_y}$: *275.00* MPa

$\gamma_{\mathbf{M0}}$: Coeficiente parcial de seguridad del material. $\gamma_{\mathbf{M0}}$: *1.05*

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.2)

La resistencia de cálculo a pandeo $\mathbf{N_{b,Rd}}$ en una barra comprimida viene dada por:

$\mathbf{N_{b,Rd}}$: *854.63* kN

Donde:

$\mathbf{A_{ef}}$: Área de la sección eficaz para las secciones de clase 4. $\mathbf{A_{ef}}$: *60.78* cm²

$\mathbf{f_{yd}}$: Resistencia de cálculo del acero. $\mathbf{f_{yd}}$: *261.90* MPa

Siendo:

$\mathbf{f_y}$: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $\mathbf{f_y}$: *275.00* MPa

$\gamma_{\mathbf{M1}}$: Coeficiente parcial de seguridad del material. $\gamma_{\mathbf{M1}}$: *1.05*

χ: Coeficiente de reducción por pandeo.

χ_y : *0.94*

χ_z : *0.54*

Siendo:

ϕ_y : *0.62*

ϕ_z : *1.25*

α: Coeficiente de imperfección elástica.

α_y : *0.21*

α_z : *0.34*

$\bar{\lambda}$: Esbeltez reducida.

$\bar{\lambda}_y$: *0.44*

$\bar{\lambda}_z$: *1.10*

N_{cr}: Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores:

N_{cr} : *1388.39* kN

$N_{cr,y}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

$N_{cr,y}$: *8462.70* kN

$N_{cr,z}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

$N_{cr,z}$: *1388.39* kN

$N_{cr,T}$: Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

$N_{cr,T}$: ∞

<u>Resistencia a flexión eje Y</u> (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

η : ***0.305*** ✓

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N87, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(270°)H1+0.75·N(EI).

M_{Ed}^+: Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

M_{Ed}^+ : *46.63* kN·m

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N87, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(0°)H1.

M_{Ed}^-: Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

M_{Ed}^- : *64.24* kN·m

El momento flector resistente de cálculo **$M_{c,Rd}$** viene dado por:

$M_{c,Rd}$: *210.65* kN·m

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple.

Clase : *1*

$W_{pl,y}$: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

$W_{pl,y}$: *804.30* cm³

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : *261.90* MPa

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) — f_y : *275.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. — γ_{M0} : *1.05*

Resistencia a pandeo lateral: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.2)
No procede, dado que las longitudes de pandeo lateral son nulas.

Resistencia a flexión eje Z (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

η : ***0.120*** ✓

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N102, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(0°)H2+0.75·N(R)2.

M_{Ed}^+: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. — M_{Ed}^+ : *4.63* kN·m

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N102, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(180°)H2+0.75·N(R)1.

M_{Ed}^-: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. — M_{Ed}^- : *4.84* kN·m

El momento flector resistente de cálculo $M_{c,Rd}$ viene dado por:

$M_{c,Rd}$: *40.25* kN·m

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple. — **Clase** : *1*

$W_{pl,z}$: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2. — $W_{pl,z}$: *153.70* cm³

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. — f_{yd} : *261.90* MPa

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) — f_y : *275.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. — γ_{M0} : *1.05*

Resistencia a corte Z (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

η : ***0.091*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N87, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(0°)H1.

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. **V_{Ed}** : *34.11* kN

El esfuerzo cortante resistente de cálculo **$V_{c,Rd}$** viene dado por:

$V_{c,Rd}$: *374.25* kN

Donde:

A_v: Área transversal a cortante. **A_v** : *24.75* cm²

Siendo:

h: Canto de la sección. **h** : *330.00* mm

t_w: Espesor del alma. **t_w** : *7.50* mm

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. **f_{yd}** : *261.90* MPa

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y** : *275.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. **γ_{M0}** : *1.05*

Abolladura por cortante del alma: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.4)

Aunque no se han dispuesto rigidizadores transversales, no es necesario comprobar la resistencia a la abolladura del alma, puesto que se cumple:

40.93 < **64.71** ✓

Donde:

λ_w: Esbeltez del alma. **λ_w** : *40.93*

$\lambda_{máx}$: Esbeltez máxima. **$\lambda_{máx}$** : *64.71*

ε: Factor de reducción. **ε** : *0.92*

Siendo:

f_{ref}: Límite elástico de referencia. f_{ref} : *235.00* MPa

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) f_y : *275.00* MPa

Resistencia a corte Y (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

η : ***0.002*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(180°)H2+0.75·N(R)1.

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. V_{Ed} : *1.46* kN

El esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{c,Rd}$ viene dado por:

$V_{c,Rd}$: *598.42* kN

Donde:

A_v: Área transversal a cortante. A_v : *39.58* cm²

Siendo:

A: Área de la sección bruta. **A** : *62.60* cm²

d: Altura del alma. **d** : *307.00* mm

t_w: Espesor del alma. t_w : *7.50* mm

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. f_{yd} : *261.90* MPa

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) f_y : *275.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{M0} : *1.05*

Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo V_{Ed} no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante $V_{c,Rd}$.

34.11 kN ≤ 187.12 kN ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(0°)H1.

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. **V_{Ed}** : *34.11* kN

$V_{c,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. **$V_{c,Rd}$** : *374.25* kN

<u>Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados</u> (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo **V_{Ed}** no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante **$V_{c,Rd}$**.

1.46 kN ≤ 299.21 kN ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(180°)H2+0.75·N(R)1.

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. **V_{Ed}** : *1.46* kN

$V_{c,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. **$V_{c,Rd}$** : *598.42* kN

<u>Resistencia a flexión y axil combinados</u> (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

η : ***0.344*** ✓

η : ***0.204*** ✓

η : ***0.182*** ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N87, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(0°)H2.

Donde:

$N_{c,Ed}$: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo. **$N_{c,Ed}$** : *32.11* kN

$M_{y,Ed}^{-}$: *57.33* kN·m

$M_{y,Ed}$, $M_{z,Ed}$: Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente.

$M_{z,Ed}^{-}$: *2.09* kN·m

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de sus elementos planos, para axil y flexión simple.

Clase : *1*

$N_{pl,Rd}$: Resistencia a compresión de la sección bruta.

$N_{pl,Rd}$: *1639.52* kN

$M_{pl,Rd,y}$, $M_{pl,Rd,z}$: Resistencia a flexión de la sección bruta en condiciones plásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente.

$M_{pl,Rd,y}$: *210.65* kN·m

$M_{pl,Rd,z}$: *40.25* kN·m

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.2)

A: Área de la sección bruta.

A : *62.60* cm²

$W_{pl,y}$, $W_{pl,z}$: Módulos resistentes plásticos correspondientes a la fibra comprimida, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.

$W_{pl,y}$: *804.30* cm³

$W_{pl,z}$: *153.70* cm³

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : *261.90* MPa

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

f_y : *275.00* MPa

γ_{M1}: Coeficiente parcial de seguridad del material.

γ_{M1} : *1.05*

k_y, k_z: Coeficientes de interacción.

k_y : *1.01*

k_z : *1.05*

$C_{m,y}$, $C_{m,z}$: Factores de momento flector uniforme equivalente.

$C_{m,y}$: *0.55*

$C_{m,z}$: *1.00*

χ_y, χ_z: Coeficientes de reducción por pandeo, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.

χ_y : *0.94*

χ_z : *0.53*

$\bar{\lambda}_y$, $\bar{\lambda}_z$: Esbelteces reducidas con valores no mayores que 1.00, en relación a los ejes Y y Z, respectivamente.

$\bar{\lambda}_y$: *0.45*

$\bar{\lambda}_z$: *1.11*

α_y, α_z: Factores dependientes de la clase de la sección.

α_y : *0.60*

α_z : *0.60*

Resistencia a flexión, axil y cortante combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir las resistencias de cálculo a flexión y a axil, ya que se puede ignorar el efecto de abolladura por esfuerzo cortante y, además, el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo **V_{Ed}** es menor o igual que el 50% del esfuerzo cortante resistente de cálculo **$V_{c,Rd}$**.

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(0°)H1+0.75·N(R)2.

33.65 kN ≤ 187.12 kN ✓

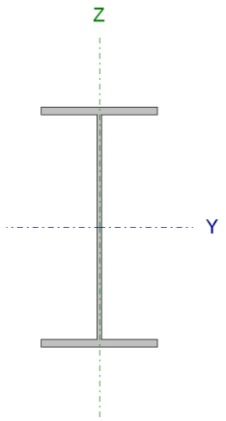
Donde:

$V_{Ed,z}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. **$V_{Ed,z}$** : *33.65* kN

$V_{c,Rd,z}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. **$V_{c,Rd,z}$** : *374.25* kN

Se procede ahora a la comprobación del Estado Límite Último de la barra N102/N88, correspondiente a un perfil IPE330.Se trata de la parte superior del pilar intermedio del pórtico de fachada.

Perfil: IPE 330
Material: Acero (S275)



Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas			
Inicial	Final		Área (cm²)	I_y(1) (cm4)	I_z(1) (cm4)	I_t(2) (cm4)
N102	N88	2.771	62.60	11770.00	788.10	28.15

Notas:
(1) Inercia respecto al eje indicado
(2) Momento de inercia a torsión uniforme

	Pandeo		Pandeo lateral	
	Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.
β	1.00	1.94	0.00	0.00
L_K	2.771	5.369	0.000	0.000
C_m	1.000	0.550	1.000	1.000
C_1	-		1.000	

Notación:
β: Coeficiente de pandeo
L_K: Longitud de pandeo (m)
C_m: Coeficiente de momentos
C_1: Factor de modificación para el momento crítico

Limitación de esbeltez (CTE DB SE-A, Artículos 6.3.1 y 6.3.2.1 - Tabla 6.3)

La esbeltez reducida $\bar{\lambda}$ de las barras comprimidas debe ser inferior al valor 2.0.

$\bar{\lambda}$: ***0.89*** ✓

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección. **Clase** : *4*

A_{ef}: Área de la sección eficaz para las secciones de clase 4. **A_{ef}** : *60.78* cm²

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y** : *275.00* MPa

N_{cr}: Axil crítico de pandeo elástico. **N_{cr}** : *2128.06* kN

El axil crítico de pandeo elástico $\mathbf{N_{cr}}$ es el menor de los valores obtenidos en a), b) y c):

a) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y. $\mathbf{N_{cr,y}}$: *8462.70* kN

b) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z. $\mathbf{N_{cr,z}}$: *2128.06* kN

c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión. $\mathbf{N_{cr,T}}$: ∞

Donde:

$\mathbf{I_y}$: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Y. $\mathbf{I_y}$: *11770.00* cm4

$\mathbf{I_z}$: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z. $\mathbf{I_z}$: *788.10* cm4

$\mathbf{I_t}$: Momento de inercia a torsión uniforme. $\mathbf{I_t}$: *28.15* cm4

$\mathbf{I_w}$: Constante de alabeo de la sección. $\mathbf{I_w}$: *199100.00* cm6

E: Módulo de elasticidad. **E** : *210000* MPa

G: Módulo de elasticidad transversal. **G** : *81000* MPa

$\mathbf{L_{ky}}$: Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Y. $\mathbf{L_{ky}}$: *5.369* m

$\mathbf{L_{kz}}$: Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Z. $\mathbf{L_{kz}}$: *2.771* m

$\mathbf{L_{kt}}$: Longitud efectiva de pandeo por torsión. $\mathbf{L_{kt}}$: *0.000* m

$\mathbf{i_0}$: Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión. $\mathbf{i_0}$: *14.16* cm

Siendo:

$\mathbf{i_y}$ **,** $\mathbf{i_z}$: Radios de giro de la sección bruta, respecto a los ejes principales de inercia Y y Z. $\mathbf{i_y}$: *13.71* cm; $\mathbf{i_z}$: *3.55* cm

$\mathbf{y_0}$ **,** $\mathbf{z_0}$: Coordenadas del centro de torsión en la dirección de los ejes principales Y y Z, respectivamente, relativas al centro de gravedad de la sección. $\mathbf{y_0}$: *0.00* mm; $\mathbf{z_0}$: *0.00* mm

<u>Abolladura del alma inducida por el ala comprimida</u> (Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: Eurocódigo 3 EN 1993-1-5: 2006, Artículo 8)

Se debe satisfacer:

$$\mathbf{40.93 \leq 256.27} \checkmark$$

Donde:

h_w: Altura del alma.	**h_w** :	*307.00*	mm
t_w: Espesor del alma.	**t_w** :	*7.50*	mm
A_w: Área del alma.	**A_w** :	*23.03*	cm²
$A_{fc,ef}$: Área reducida del ala comprimida.	**$A_{fc,ef}$** :	*18.40*	cm²
k: Coeficiente que depende de la clase de la sección.	**k** :	*0.30*	
E: Módulo de elasticidad.	**E** :	*210000*	MPa
f_{yf}: Límite elástico del acero del ala comprimida.	**f_{yf}** :	*275.00*	MPa

Siendo:

Resistencia a tracción (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3)

Se debe satisfacer:

η : ***0.010*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N88, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(270°)H1.

$N_{t,Ed}$: Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo. **$N_{t,Ed}$** : *17.11* kN

La resistencia de cálculo a tracción **$N_{t,Rd}$** viene dada por:

$N_{t,Rd}$: *1639.52* kN

Donde:

A: Área bruta de la sección transversal de la barra.	**A** :	*62.60*	cm²
f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.	**f_{yd}** :	*261.90*	MPa

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)	**f_y** :	*275.00*	MPa
γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material.	**γ_{M0}** :	*1.05*	

Resistencia a compresión (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5)

Se debe satisfacer:

η : **0.020** ✓

η : **0.030** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N102, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q.

$N_{c,Ed}$: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo. **$N_{c,Ed}$** : *31.67* kN

La resistencia de cálculo a compresión **$N_{c,Rd}$** viene dada por:

$N_{c,Rd}$: *1591.73* kN

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección. **Clase** : *4*

A_{ef}: Área de la sección eficaz para las secciones de clase 4. **A_{ef}** : *60.78* cm²

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. **f_{yd}** : *261.90* MPa

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y** : *275.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. **γ_{M0}** : *1.05*

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.2)

La resistencia de cálculo a pandeo **$N_{b,Rd}$** en una barra comprimida viene dada por:

$N_{b,Rd}$: *1066.52* kN

Donde:

A_{ef}: Área de la sección eficaz para las secciones de clase 4. **A_{ef}** : *60.78* cm²

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. **f_{yd}** : *261.90* MPa

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) — f_y : *275.00* MPa

γ_{M1}: Coeficiente parcial de seguridad del material. — γ_{M1} : *1.05*

χ: Coeficiente de reducción por pandeo.

χ_y : *0.94*

χ_z : *0.67*

Siendo:

ϕ_y : *0.62*

ϕ_z : *1.01*

α: Coeficiente de imperfección elástica. — α_y : *0.21*, α_z : *0.34*

$\bar{\lambda}$: Esbeltez reducida.

$\bar{\lambda}_y$: *0.44*

$\bar{\lambda}_z$: *0.89*

N_{cr}: Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores: — N_{cr} : *2128.06* kN

$N_{cr,y}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y. — $N_{cr,y}$: *8462.70* kN

$N_{cr,z}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z. — $N_{cr,z}$: *2128.06* kN

$N_{cr,T}$: Axil crítico elástico de pandeo por torsión. — $N_{cr,T}$: ∞

<u>Resistencia a flexión eje Y</u> (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

η : ***0.134*** ✓

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N102, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(0°)H2+0.75·N(EI).

M_{Ed}^{+}: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. — M_{Ed}^{+} : *28.25* kN·m

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N102, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(270°)H1.

M_{Ed}^-: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. **M_{Ed}^-** : *24.22* kN·m

El momento flector resistente de cálculo **$M_{c,Rd}$** viene dado por:

$M_{c,Rd}$: *210.65* kN·m

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple. **Clase** : *1*

$W_{pl,y}$: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2. **$W_{pl,y}$** : *804.30* cm³

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. **f_{yd}** : *261.90* MPa

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y** : *275.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. **γ_{M0}** : *1.05*

<u>Resistencia a flexión eje Z</u> (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

η : ***0.120*** ✓

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N102, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(0°)H2+0.75·N(R)2.

M_{Ed}^+: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. **M_{Ed}^+** : *4.63* kN·m

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N102, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(180°)H2+0.75·N(R)1.

M_{Ed}^-: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. **M_{Ed}^-** : *4.84* kN·m

El momento flector resistente de cálculo **$M_{c,Rd}$** viene dado por:

$M_{c,Rd}$: *40.25* kN·m

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple. **Clase** : *1*

$W_{pl,z}$: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2. **$W_{pl,z}$** : *153.70* cm³

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. **f_{yd}** : *261.90* MPa

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y** : *275.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. **γ_{M0}** : *1.05*

Resistencia a corte Z (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

η : ***0.049*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N88, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(0°)H2+0.75·N(EI).

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. **V_{Ed}** : *18.35* kN

El esfuerzo cortante resistente de cálculo **$V_{c,Rd}$** viene dado por:

$V_{c,Rd}$: *374.25* kN

Donde:

A_v: Área transversal a cortante. **A_v** : *24.75* cm²

Siendo:

h: Canto de la sección. **h** : *330.00* mm

t_w: Espesor del alma. **t_w** : *7.50* mm

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. **f_{yd}** : *261.90* MPa

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y** : *275.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. **γ_{M0}** : *1.05*

Abolladura por cortante del alma: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.4)

Aunque no se han dispuesto rigidizadores transversales, no es necesario comprobar la resistencia a la abolladura del alma, puesto que se cumple:

40.93 < **64.71** ✓

Donde:

λ_w: Esbeltez del alma. λ_w : *40.93*

$\lambda_{máx}$: Esbeltez máxima. $\lambda_{máx}$: *64.71*

ε: Factor de reducción. ε : *0.92*

Siendo:

f_{ref}: Límite elástico de referencia. f_{ref} : *235.00* MPa

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) f_y : *275.00* MPa

Resistencia a corte Y (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

η : ***0.003*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(180°)H2+0.75·N(R)1.

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. V_{Ed} : *1.75* kN

El esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{c,Rd}$ viene dado por:

$V_{c,Rd}$: *598.42* kN

Donde:

A_v: Área transversal a cortante. A_v : *39.58* cm²

Siendo:

A: Área de la sección bruta. **A** : *62.60* cm²

d: Altura del alma. **d** : *307.00* mm

t_w: Espesor del alma. t_w : *7.50* mm

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. **f_{yd}** : *261.90* MPa

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y** : *275.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. **γ_{M0}** : *1.05*

Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo **V_{Ed}** no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante **$V_{c,Rd}$**.

3.74 kN ≤ 187.12 kN ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N102, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q.

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. **V_{Ed}** : *3.74* kN

$V_{c,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. **$V_{c,Rd}$** : *374.25* kN

Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo **V_{Ed}** no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante **$V_{c,Rd}$**.

1.75 kN ≤ 299.21 kN ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N102, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(180°)H2+0.75·N(R)1.

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. **V_{Ed}** : *1.75* kN

$V_{c,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. **$V_{c,Rd}$** : *598.42* kN

Resistencia a flexión y axil combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

η : ***0.262*** ✓

η : ***0.159*** ✓

η : ***0.184*** ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N102, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(0°)H2+0.75·N(R)2.

Donde:

$N_{c,Ed}$: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo. — $N_{c,Ed}$: *23.87* kN

$M_{y,Ed}$, $M_{z,Ed}$: Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente. — $M_{y,Ed}^{+}$: *27.84* kN·m; $M_{z,Ed}^{+}$: *4.62* kN·m

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de sus elementos planos, para axil y flexión simple. — **Clase** : *1*

$N_{pl,Rd}$: Resistencia a compresión de la sección bruta. — $N_{pl,Rd}$: *1639.52* kN

$M_{pl,Rd,y}$, $M_{pl,Rd,z}$: Resistencia a flexión de la sección bruta en condiciones plásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente. — $M_{pl,Rd,y}$: *210.65* kN·m; $M_{pl,Rd,z}$: *40.25* kN·m

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.2)

A: Área de la sección bruta. — **A** : *62.60* cm²

$W_{pl,y}$, $W_{pl,z}$: Módulos resistentes plásticos correspondientes a la fibra comprimida, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente. — $W_{pl,y}$: *804.30* cm³; $W_{pl,z}$: *153.70* cm³

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. — f_{yd} : *261.90* MPa

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) — f_y : *275.00* MPa

γ_{M1}: Coeficiente parcial de seguridad del material. — γ_{M1} : *1.05*

k_y, k_z: Coeficientes de interacción.

k_y : *1.00*

k_z : *1.03*

$C_{m,y}$, $C_{m,z}$: Factores de momento flector uniforme equivalente. — $C_{m,y}$: *0.55*

$C_{m,z}$: *1.00*

χ_y, χ_z: Coeficientes de reducción por pandeo, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.

χ_y : *0.94*

χ_z : *0.66*

$\bar{\lambda}_y$, $\bar{\lambda}_z$: Esbelteces reducidas con valores no mayores que 1.00, en relación a los ejes Y y Z, respectivamente.

$\bar{\lambda}_y$: *0.45*

$\bar{\lambda}_z$: *0.90*

α_y, α_z: Factores dependientes de la clase de la sección.

α_y : *0.60*

α_z : *0.60*

Resistencia a flexión, axil y cortante combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir las resistencias de cálculo a flexión y a axil, ya que se puede ignorar el efecto de abolladura por esfuerzo cortante y, además, el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo $\mathbf{V_{Ed}}$ es menor o igual que el 50% del esfuerzo cortante resistente de cálculo $\mathbf{V_{c,Rd}}$.

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N102, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q.

3.74 kN ≤ 187.12 kN ✓

Donde:

$\mathbf{V_{Ed,z}}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$\mathbf{V_{Ed,z}}$: *3.74* kN

$\mathbf{V_{c,Rd,z}}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$\mathbf{V_{c,Rd,z}}$: *374.25* kN

4.4 Viga contraviento

La viga contraviento corresponde a un perfil de tubo conformado de diámetro 155x8,de material acero laminado de S275,con una longitud de 8.628m y un coeficiente de pandeo tanto en el plano "XY" como en el plano "XZ" de 1.

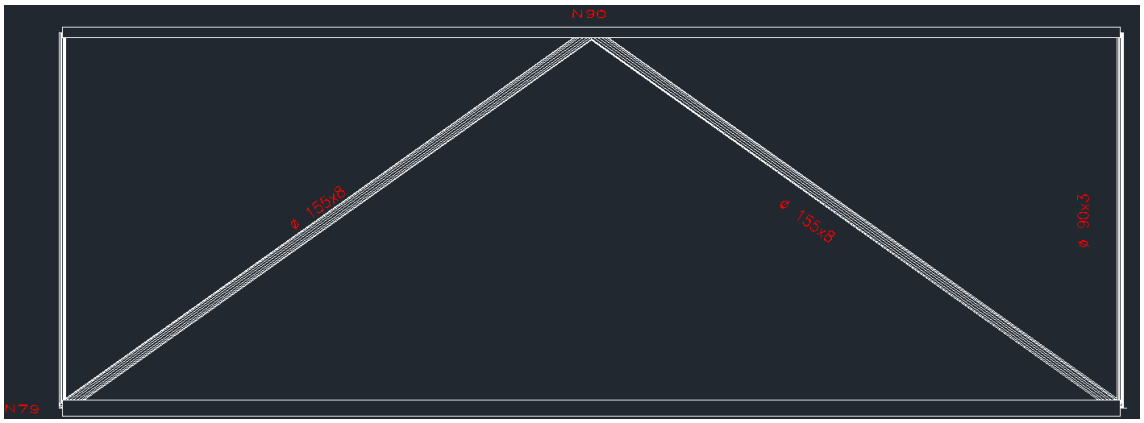


Figura 2.Viga contraviento

4.4.1 Cálculo de Solicitaciones

- **Esfuerzos considerados**

Referencias:

N: Esfuerzo axil (kN)
Vy: Esfuerzo cortante según el eje local Y de la barra. (kN)
Vz: Esfuerzo cortante según el eje local Z de la barra. (kN)
Mt: Momento torsor (kN·m)
My: Momento flector en el plano 'XZ' (giro de la sección respecto al eje local 'Y' de la barra). (kN·m)
Mz: Momento flector en el plano 'XY' (giro de la sección respecto al eje local 'Z' de la barra). (kN·m)

4.4.1.1 Resultados de esfuerzos en barras

Se muestra a continuación los esfuerzos en la barra de tubo conformado con diferentes hipótesis consideradas.

Esfuerzos en barras, por hipótesis											
Barra	Hipótesis	Esfuerzo	Posiciones en la barra								
			0.000 m	1.079 m	2.157 m	3.236 m	4.314 m	5.393 m	6.471 m	7.550 m	8.628 m
N79/N90	Peso propio	N	5.173	5.197	5.221	5.244	5.268	5.292	5.316	5.340	5.364
		Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Vz	-1.224	-0.918	-0.612	-0.306	0.000	0.306	0.612	0.918	1.224
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	0.00	1.15	1.98	2.47	2.64	2.47	1.98	1.15	0.00
		Mz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	Q	N	6.024	6.024	6.024	6.024	6.024	6.024	6.024	6.024	6.024
		Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

Esfuerzos en barras, por hipótesis											
Barra	Hipótesis	Esfuerzo	Posiciones en la barra								
			0.000 m	1.079 m	2.157 m	3.236 m	4.314 m	5.393 m	6.471 m	7.550 m	8.628 m
		Vz	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		Mz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	V(0°) H1	N	18.311	18.311	18.311	18.311	18.311	18.311	18.311	18.311	18.311
		Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Vz	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		Mz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	V(0°) H2	N	21.579	21.579	21.579	21.579	21.579	21.579	21.579	21.579	21.579
		Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Vz	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		Mz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	V(90°) H1	N	3.964	3.964	3.964	3.964	3.964	3.964	3.964	3.964	3.964
		Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Vz	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		Mz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	V(180°) H1	N	20.944	20.944	20.944	20.944	20.944	20.944	20.944	20.944	20.944
		Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Vz	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		Mz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	V(180°) H2	N	22.775	22.775	22.775	22.775	22.775	22.775	22.775	22.775	22.775
		Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Vz	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		Mz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	V(270°) H1	N	-32.373	-32.373	-32.373	-32.373	-32.373	-32.373	-32.373	-32.373	-32.373
		Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Vz	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		Mz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	N(EI)	N	3.456	3.456	3.456	3.456	3.456	3.456	3.456	3.456	3.456
		Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Vz	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Esfuerzos en barras, por hipótesis											
Barra	Hipótesis	Esfuerzo	Posiciones en la barra								
			0.000 m	1.079 m	2.157 m	3.236 m	4.314 m	5.393 m	6.471 m	7.550 m	8.628 m
		My	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		Mz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	N(R) 1	N	2.399	2.399	2.399	2.399	2.399	2.399	2.399	2.399	2.399
		Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Vz	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		Mz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	N(R) 2	N	2.784	2.784	2.784	2.784	2.784	2.784	2.784	2.784	2.784
		Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Vz	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		Mz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

4.4.1.2 Flechas

En la tabla siguiente se detalla las flechas de la diagonal de la viga contraviento N79/N90, correspondiente al perfil del tubo conformado.

Referencias:

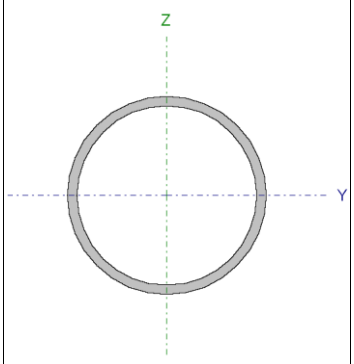
Pos.: Valor de la coordenada sobre el eje 'X' local del grupo de flecha en el punto donde se produce el valor pésimo de la flecha.
L.: Distancia entre dos puntos de corte consecutivos de la deformada con la recta que une los nudos extremos del grupo de flecha.

Flechas								
Grupo	Flecha máxima absoluta xy Flecha máxima relativa xy		Flecha máxima absoluta xz Flecha máxima relativa xz		Flecha activa absoluta xy Flecha activa relativa xy		Flecha activa absoluta xz Flecha activa relativa xz	
	Pos. (m)	Flecha (mm)	Pos. (m)	Flecha (mm)	Pos. (m)	Flecha (mm)	Pos. (m)	Flecha (mm)
N79/N90	8.089 -	0.00 L/(>1000)	4.314 4.314	9.75 L/885.0	8.089 -	0.00 L/(>1000)	4.314 4.314	9.74 L/885.9

4.4.2 Comprobaciones E.L.U

Se pasa a comprobar ahora el Estado Limite Último de la Barra N79/N90.

Perfil: Ø 155x8
Material: Acero (S275)



Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas			
Inicial	Final		Área (cm²)	I_y(1) (cm4)	I_z(1) (cm4)	I_t(2) (cm4)
N79	N90	8.628	36.95	1000.89	1000.89	2001.78

Notas:
(1) Inercia respecto al eje indicado
(2) Momento de inercia a torsión uniforme

	Pandeo		Pandeo lateral	
	Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.
β	1.00	1.00	0.00	0.00
L_K	8.628	8.628	0.000	0.000
C_m	1.000	0.950	1.000	1.000
C_1	-		1.000	

Notación:
β: Coeficiente de pandeo
L_K: Longitud de pandeo (m)
C_m: Coeficiente de momentos
C_1: Factor de modificación para el momento crítico

Limitación de esbeltez (CTE DB SE-A, Artículos 6.3.1 y 6.3.2.1 - Tabla 6.3)

La esbeltez reducida $\bar{\lambda}$ de las barras comprimidas debe ser inferior al valor 2.0.

$\bar{\lambda}$: ***1.91*** ✓

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección. **Clase** : *1*

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3. **A** : *36.95* cm²

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y** : *275.00* MPa

N_{cr}: Axil crítico de pandeo elástico. **N_{cr}** : *278.64* kN

El axil crítico de pandeo elástico **N_{cr}** es el menor de los valores obtenidos en a), b) y c):

a) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y. **$N_{cr,y}$** : *278.64* kN

b) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z. **$N_{cr,z}$** : *278.64* kN

c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión. $N_{cr,T}$: ∞

Donde:

I_y: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Y. I_y : *1000.89* cm4

I_z: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z. I_z : *1000.89* cm4

I_t: Momento de inercia a torsión uniforme. I_t : *2001.78* cm4

I_w: Constante de alabeo de la sección. I_w : *0.00* cm6

E: Módulo de elasticidad. **E** : *210000* MPa

G: Módulo de elasticidad transversal. **G** : *81000* MPa

L_{ky}: Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Y. L_{ky} : *8.628* m

L_{kz}: Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Z. L_{kz} : *8.628* m

L_{kt}: Longitud efectiva de pandeo por torsión. L_{kt} : *0.000* m

i_0: Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión. i_0 : *7.36* cm

Siendo:

i_y , i_z: Radios de giro de la sección bruta, respecto a los ejes principales de inercia Y y Z. i_y : *5.20* cm

i_z : *5.20* cm

y_0 , z_0: Coordenadas del centro de torsión en la dirección de los ejes principales Y y Z, respectivamente, relativas al centro de gravedad de la sección. y_0 : *0.00* mm

z_0 : *0.00* mm

Resistencia a tracción (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3)

Se debe satisfacer:

η : ***0.045*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N90, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(180°)H2+0.75·N(EI).

$N_{t,Ed}$: Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo. $N_{t,Ed}$: *43.99* kN

La resistencia de cálculo a tracción $N_{t,Rd}$ viene dada por:

$N_{t,Rd}$: *967.61* kN

Donde:

A: Área bruta de la sección transversal de la barra. **A** : *36.95* cm²

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. f_{yd} : *261.90* MPa

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) f_y : *275.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{M0} : *1.05*

Resistencia a compresión (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5)

Se debe satisfacer:

η : ***0.046*** ✓

η : ***0.216*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N79, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(270°)H1.

$N_{c,Ed}$: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo. $N_{c,Ed}$: *44.42* kN

La resistencia de cálculo a compresión $N_{c,Rd}$ viene dada por:

$N_{c,Rd}$: *967.61* kN

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección. **Clase** : *1*

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3. **A** : *36.95* cm²

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. f_{yd} : *261.90* MPa

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) — f_y : 275.00 MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. — γ_{M0} : 1.05

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.2)

La resistencia de cálculo a pandeo $N_{b,Rd}$ en una barra comprimida viene dada por:

$N_{b,Rd}$: 205.45 kN

Donde:

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3. — **A** : 36.95 cm²

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. — f_{yd} : 261.90 MPa

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) — f_y : 275.00 MPa

γ_{M1}: Coeficiente parcial de seguridad del material. — γ_{M1} : 1.05

χ: Coeficiente de reducción por pandeo.

χ_y : 0.21

χ_z : 0.21

Siendo:

ϕ_y : 2.74

ϕ_z : 2.74

α: Coeficiente de imperfección elástica. — α_y : 0.49 — α_z : 0.49

$\bar{\lambda}$: Esbeltez reducida.

$\bar{\lambda}_y$: 1.91

$\bar{\lambda}_z$: 1.91

N_{cr}: Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores: — N_{cr} : 278.64 kN

$N_{cr,y}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y. — $N_{cr,y}$: 278.64 kN

$N_{cr,z}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z. — $N_{cr,z}$: 278.64 kN

$N_{cr,T}$: Axil crítico elástico de pandeo por torsión. **$N_{cr,T}$** : ∞

Resistencia a flexión eje Y (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

η : ***0.079*** ✓

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 4.314 m del nudo N79, para la combinación de acciones 1.35·PP.

M_{Ed}^+: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. **M_{Ed}^+** : *3.56* kN·m

Para flexión negativa:

M_{Ed}^-: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. **M_{Ed}^-** : *0.00* kN·m

El momento flector resistente de cálculo **$M_{c,Rd}$** viene dado por:

$M_{c,Rd}$: *45.32* kN·m

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple. **Clase** : *1*

$W_{pl,y}$: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2. **$W_{pl,y}$** : *173.04* cm³

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. **f_{yd}** : *261.90* MPa

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y** : *275.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. **γ_{M0}** : *1.05*

Resistencia a corte Z (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

η : ***0.005*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N79, para la combinación de acciones 1.35·PP.

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. **V_{Ed}** : *1.65* kN

Resistencia a cortante de la sección:

El esfuerzo cortante resistente de cálculo $\mathbf{V_{c,Rd}}$ viene dado por:

$\mathbf{V_{c,Rd}}$: *355.65* kN

Donde:

$\mathbf{A_v}$: Área transversal a cortante. $\mathbf{A_v}$: *23.52* cm²

Siendo:

A: Área de la sección bruta. **A** : *36.95* cm²

$\mathbf{f_{yd}}$: Resistencia de cálculo del acero. $\mathbf{f_{yd}}$: *261.90* MPa

Siendo:

$\mathbf{f_y}$: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $\mathbf{f_y}$: *275.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{M0} : *1.05*

<u>Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados</u> (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo $\mathbf{V_{Ed}}$ no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante $\mathbf{V_{c,Rd}}$.

1.45 kN ≤ 177.82 kN ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.539 m del nudo N79, para la combinación de acciones 1.35·PP.

$\mathbf{V_{Ed}}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{V_{Ed}}$: *1.45* kN

$\mathbf{V_{c,Rd}}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. $\mathbf{V_{c,Rd}}$: *355.65* kN

<u>Resistencia a flexión y axil combinados</u> (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

η : ***0.121*** ✓

η : ***0.288*** ✓

η : ***0.254*** ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 4.314 m del nudo N79, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(270°)H1.

Donde:

$N_{c,Ed}$: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo. — **$N_{c,Ed}$** : *41.45* kN

$M_{y,Ed}$, $M_{z,Ed}$: Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente. — **$M_{y,Ed}^+$** : *3.56* kN·m; **$M_{z,Ed}^+$** : *0.00* kN·m

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de sus elementos planos, para axil y flexión simple. — **Clase** : *1*

$N_{pl,Rd}$: Resistencia a compresión de la sección bruta. — **$N_{pl,Rd}$** : *967.61* kN

$M_{pl,Rd,y}$, $M_{pl,Rd,z}$: Resistencia a flexión de la sección bruta en condiciones plásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente. — **$M_{pl,Rd,y}$** : *45.32* kN·m; **$M_{pl,Rd,z}$** : *45.32* kN·m

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.2)

A: Área de la sección bruta. — **A** : *36.95* cm²

$W_{pl,y}$, $W_{pl,z}$: Módulos resistentes plásticos correspondientes a la fibra comprimida, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente. — **$W_{pl,y}$** : *173.04* cm³; **$W_{pl,z}$** : *173.04* cm³

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. — **f_{yd}** : *261.90* MPa

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) — **f_y** : *275.00* MPa

γ_{M1}: Coeficiente parcial de seguridad del material. — **γ_{M1}** : *1.05*

k_y, k_z: Coeficientes de interacción.

k_y : *1.16*

k_z : *1.16*

$C_{m,y}$, $C_{m,z}$: Factores de momento flector uniforme equivalente. — **$C_{m,y}$** : *0.95*; **$C_{m,z}$** : *1.00*

χ_y, χ_z: Coeficientes de reducción por pandeo, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente. — χ_y : *0.21*; χ_z : *0.21*

$\bar{\lambda}_y$: *1.91*

$\bar{\lambda}_y$, $\bar{\lambda}_z$: Esbelteces reducidas con valores no mayores que 1.00, en relación a los ejes Y y Z, respectivamente.

α_y, α_z: Factores dependientes de la clase de la sección.

$\bar{\lambda}_z$: *1.91*

α_y : *0.60*

α_z : *0.60*

Resistencia a flexión, axil y cortante combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir las resistencias de cálculo a flexión y a axil, ya que se puede ignorar el efecto de abolladura por esfuerzo cortante y, además, el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo $\mathbf{V_{Ed}}$ es menor o igual que el 50% del esfuerzo cortante resistente de cálculo $\mathbf{V_{c,Rd}}$.

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.539 m del nudo N79, para la combinación de acciones 1.35·PP.

1.45 kN ≤ 177.82 kN ✓

Donde:

$\mathbf{V_{Ed,z}}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{V_{Ed,z}}$: *1.45* kN

$\mathbf{V_{c,Rd,z}}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. $\mathbf{V_{c,Rd,z}}$: *355.65* kN

4.5 Arriostramiento de fachada lateral

El arriostramiento de fachada lateral,esta formado por las dos diagonales y el montante.Las diagonales son las barras N6/N98 y N1/N105 correspondientes a perfiles en L70x70x6,de longitud 7.001m y el montate se trata de un perfil #100x80x4(Rectangular conformado) correspondiente a la barra N98/N105 de longitud 5.000m.Ambos elementos son acero laminado S275.

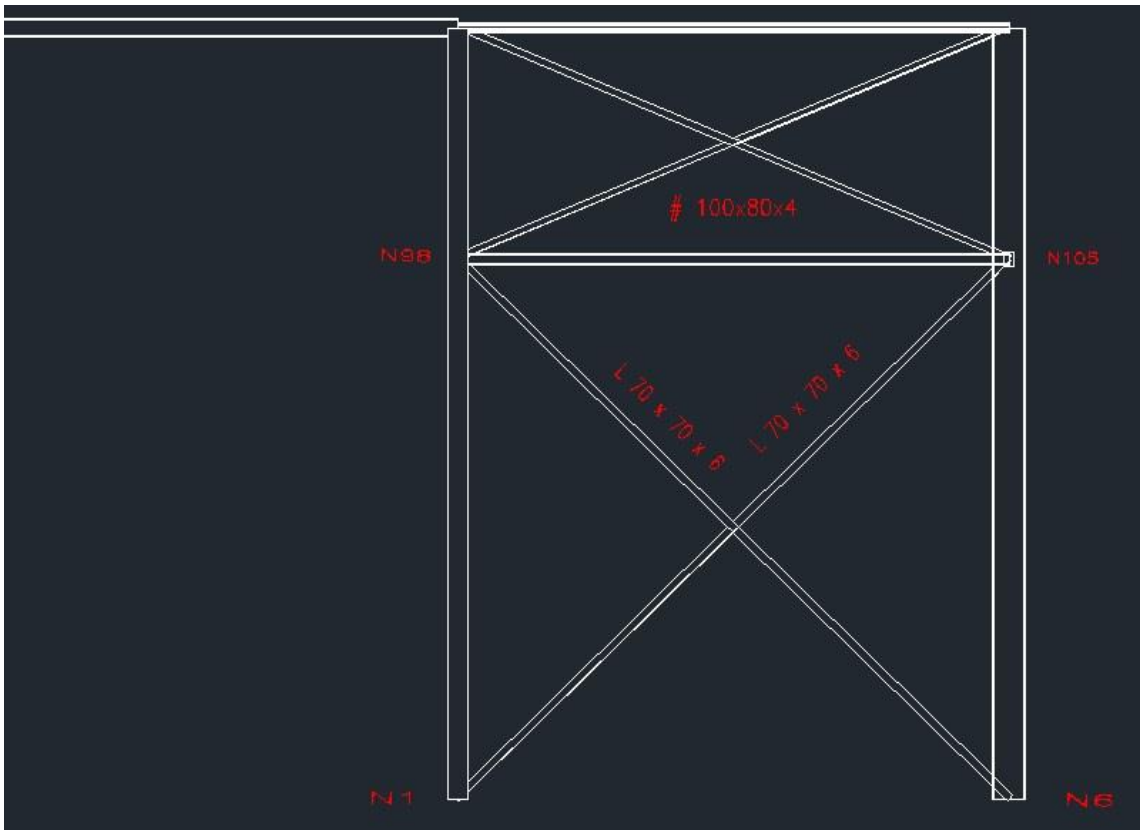


Figura 3.Arriostramiento de fachada lateral

4.5.1 Cálculo de Solicitaciones

- **Esfuerzos considerados**

Referencias:

N: Esfuerzo axil (kN)
Vy: Esfuerzo cortante según el eje local Y de la barra. (kN)
Vz: Esfuerzo cortante según el eje local Z de la barra. (kN)
Mt: Momento torsor (kN·m)
My: Momento flector en el plano 'XZ' (giro de la sección respecto al eje local 'Y' de la barra). (kN·m)
Mz: Momento flector en el plano 'XY' (giro de la sección respecto al eje local 'Z' de la barra). (kN·m)

4.5.1.1 Resultados de esfuerzos en barras

Se muestra a continaucion los esfuerzos en las diagonales del arriostramiento de fachada y en el montante, teniendo en cuenta las diferentes hipótesis consideradas.

Esfuerzos en barras, por hipótesis											
Barra	Hipótesis	Esfuerzo	Posiciones en la barra								
			0.000 m	0.875 m	1.750 m	2.625 m	3.500 m	4.375 m	5.251 m	6.126 m	7.001 m
N6/N98	Peso propio	N	1.638	1.638	1.638	1.638	1.638	1.638	1.638	1.638	1.638
		Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Vz	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		Mz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	Q	N	1.995	1.995	1.995	1.995	1.995	1.995	1.995	1.995	1.995
		Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Vz	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		Mz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	V(0°) H1	N	14.746	14.746	14.746	14.746	14.746	14.746	14.746	14.746	14.746
		Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Vz	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		Mz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	V(0°) H2	N	15.565	15.565	15.565	15.565	15.565	15.565	15.565	15.565	15.565
		Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Vz	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		Mz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	V(90°) H1	N	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Vz	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		Mz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	V(180°) H1	N	8.765	8.765	8.765	8.765	8.765	8.765	8.765	8.765	8.765
		Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Vz	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		Mz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	V(180°) H2	N	9.689	9.689	9.689	9.689	9.689	9.689	9.689	9.689	9.689
		Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Vz	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

Esfuerzos en barras, por hipótesis											
Barra	Hipótesis	Esfuerzo	Posiciones en la barra								
			0.000 m	0.875 m	1.750 m	2.625 m	3.500 m	4.375 m	5.251 m	6.126 m	7.001 m
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		Mz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	V(270°) H1	N	15.355	15.355	15.355	15.355	15.355	15.355	15.355	15.355	15.355
		Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Vz	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		Mz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	N(EI)	N	1.144	1.144	1.144	1.144	1.144	1.144	1.144	1.144	1.144
		Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Vz	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		Mz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	N(R) 1	N	0.875	0.875	0.875	0.875	0.875	0.875	0.875	0.875	0.875
		Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Vz	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		Mz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	N(R) 2	N	0.841	0.841	0.841	0.841	0.841	0.841	0.841	0.841	0.841
		Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Vz	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		Mz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Esfuerzos en barras, por hipótesis											
Barra	Hipótesis	Esfuerzo	Posiciones en la barra								
			0.000 m	0.875 m	1.750 m	2.625 m	3.500 m	4.375 m	5.251 m	6.126 m	7.001 m
N1/N105	Peso propio	N	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Vz	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		Mz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	Q	N	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Vz	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		Mz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	V(0°) H1	N	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

Esfuerzos en barras, por hipótesis											
Barra	Hipótesis	Esfuerzo	Posiciones en la barra								
			0.000 m	0.875 m	1.750 m	2.625 m	3.500 m	4.375 m	5.251 m	6.126 m	7.001 m
		Vz	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		Mz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	V(0°) H2	N	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Vz	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		Mz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	V(90°) H1	N	27.373	27.373	27.373	27.373	27.373	27.373	27.373	27.373	27.373
		Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Vz	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		Mz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	V(180°) H1	N	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Vz	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		Mz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	V(180°) H2	N	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Vz	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		Mz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	V(270°) H1	N	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Vz	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		Mz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	N(EI)	N	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Vz	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		Mz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	N(R) 1	N	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Vz	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Esfuerzos en barras, por hipótesis											
Barra	Hipótesis	Esfuerzo	Posiciones en la barra								
			0.000 m	0.875 m	1.750 m	2.625 m	3.500 m	4.375 m	5.251 m	6.126 m	7.001 m
		My	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		Mz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	N(R) 2	N	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Vz	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		Mz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Esfuerzos en barras, por hipótesis											
Barra	Hipótesis	Esfuerzo	Posiciones en la barra								
			0.000 m	0.625 m	1.250 m	1.875 m	2.500 m	3.125 m	3.750 m	4.375 m	5.000 m
N98/N105	Peso propio	N	-1.197	-1.197	-1.197	-1.197	-1.197	-1.197	-1.197	-1.197	-1.197
		Vy	-0.020	-0.020	-0.020	-0.020	-0.020	-0.020	-0.020	-0.020	-0.020
		Vz	-0.261	-0.197	-0.134	-0.070	-0.007	0.057	0.120	0.184	0.247
		Mt	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04
		My	-0.23	-0.08	0.02	0.08	0.11	0.09	0.04	-0.06	-0.19
		Mz	-0.09	-0.07	-0.06	-0.05	-0.04	-0.02	-0.01	0.00	0.02
	Q	N	-1.507	-1.507	-1.507	-1.507	-1.507	-1.507	-1.507	-1.507	-1.507
		Vy	-0.024	-0.024	-0.024	-0.024	-0.024	-0.024	-0.024	-0.024	-0.024
		Vz	-0.007	-0.007	-0.007	-0.007	-0.007	-0.007	-0.007	-0.007	-0.007
		Mt	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
		My	-0.02	-0.01	-0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.02
		Mz	-0.10	-0.09	-0.07	-0.06	-0.04	-0.03	-0.01	0.00	0.02
	V(0°) H1	N	-0.911	-0.911	-0.911	-0.911	-0.911	-0.911	-0.911	-0.911	-0.911
		Vy	0.032	0.032	0.032	0.032	0.032	0.032	0.032	0.032	0.032
		Vz	-0.010	-0.010	-0.010	-0.010	-0.010	-0.010	-0.010	-0.010	-0.010
		Mt	-0.05	-0.05	-0.05	-0.05	-0.05	-0.05	-0.05	-0.05	-0.05
		My	-0.02	-0.01	0.00	0.00	0.01	0.01	0.02	0.03	0.03
		Mz	0.13	0.10	0.08	0.06	0.04	0.02	0.00	-0.02	-0.04
	V(0°) H2	N	-1.544	-1.544	-1.544	-1.544	-1.544	-1.544	-1.544	-1.544	-1.544
		Vy	0.042	0.042	0.042	0.042	0.042	0.042	0.042	0.042	0.042
		Vz	-0.012	-0.012	-0.012	-0.012	-0.012	-0.012	-0.012	-0.012	-0.012
		Mt	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02
		My	-0.02	-0.01	-0.01	0.00	0.01	0.02	0.02	0.03	0.04
		Mz	0.16	0.13	0.11	0.08	0.05	0.03	0.00	-0.02	-0.05
	V(90°) H1	N	-19.672	-19.672	-19.672	-19.672	-19.672	-19.672	-19.672	-19.672	-19.672
		Vy	0.036	0.036	0.036	0.036	0.036	0.036	0.036	0.036	0.036
		Vz	0.064	0.064	0.064	0.064	0.064	0.064	0.064	0.064	0.064
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	0.15	0.11	0.07	0.03	-0.01	-0.05	-0.09	-0.13	-0.17
		Mz	0.16	0.14	0.11	0.09	0.07	0.05	0.02	0.00	-0.02

Esfuerzos en barras, por hipótesis											
Barra	Hipótesis	Esfuerzo	Posiciones en la barra								
			0.000 m	0.625 m	1.250 m	1.875 m	2.500 m	3.125 m	3.750 m	4.375 m	5.000 m
	V(180°) H1	N	-1.880	-1.880	-1.880	-1.880	-1.880	-1.880	-1.880	-1.880	-1.880
		Vy	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
		Vz	-0.011	-0.011	-0.011	-0.011	-0.011	-0.011	-0.011	-0.011	-0.011
		Mt	-0.05	-0.05	-0.05	-0.05	-0.05	-0.05	-0.05	-0.05	-0.05
		My	-0.02	-0.02	-0.01	0.00	0.00	0.01	0.02	0.02	0.03
		Mz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	V(180°) H2	N	-2.557	-2.557	-2.557	-2.557	-2.557	-2.557	-2.557	-2.557	-2.557
		Vy	-0.031	-0.031	-0.031	-0.031	-0.031	-0.031	-0.031	-0.031	-0.031
		Vz	-0.014	-0.014	-0.014	-0.014	-0.014	-0.014	-0.014	-0.014	-0.014
		Mt	-0.05	-0.05	-0.05	-0.05	-0.05	-0.05	-0.05	-0.05	-0.05
		My	-0.03	-0.02	-0.01	0.00	0.00	0.01	0.02	0.03	0.04
		Mz	-0.12	-0.10	-0.08	-0.06	-0.04	-0.03	-0.01	0.01	0.03
	V(270°) H1	N	-8.653	-8.653	-8.653	-8.653	-8.653	-8.653	-8.653	-8.653	-8.653
		Vy	0.020	0.020	0.020	0.020	0.020	0.020	0.020	0.020	0.020
		Vz	-0.039	-0.039	-0.039	-0.039	-0.039	-0.039	-0.039	-0.039	-0.039
		Mt	-0.03	-0.03	-0.03	-0.03	-0.03	-0.03	-0.03	-0.03	-0.03
		My	-0.09	-0.07	-0.04	-0.02	0.00	0.03	0.05	0.08	0.10
		Mz	0.08	0.07	0.06	0.05	0.03	0.02	0.01	0.00	-0.02
	N(EI)	N	-0.864	-0.864	-0.864	-0.864	-0.864	-0.864	-0.864	-0.864	-0.864
		Vy	-0.014	-0.014	-0.014	-0.014	-0.014	-0.014	-0.014	-0.014	-0.014
		Vz	-0.004	-0.004	-0.004	-0.004	-0.004	-0.004	-0.004	-0.004	-0.004
		Mt	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
		My	-0.01	-0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01
		Mz	-0.06	-0.05	-0.04	-0.03	-0.02	-0.02	-0.01	0.00	0.01
	N(R) 1	N	-0.657	-0.657	-0.657	-0.657	-0.657	-0.657	-0.657	-0.657	-0.657
		Vy	-0.013	-0.013	-0.013	-0.013	-0.013	-0.013	-0.013	-0.013	-0.013
		Vz	-0.003	-0.003	-0.003	-0.003	-0.003	-0.003	-0.003	-0.003	-0.003
		Mt	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
		My	-0.01	-0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01
		Mz	-0.05	-0.05	-0.04	-0.03	-0.02	-0.01	-0.01	0.00	0.01
	N(R) 2	N	-0.639	-0.639	-0.639	-0.639	-0.639	-0.639	-0.639	-0.639	-0.639
		Vy	-0.008	-0.008	-0.008	-0.008	-0.008	-0.008	-0.008	-0.008	-0.008
		Vz	-0.003	-0.003	-0.003	-0.003	-0.003	-0.003	-0.003	-0.003	-0.003
		Mt	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
		My	-0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01
		Mz	-0.03	-0.03	-0.02	-0.02	-0.01	-0.01	0.00	0.00	0.01

4.5.1.2 Flechas

Se pasa a comprobar las flechas en estos elementos.

Referencias:

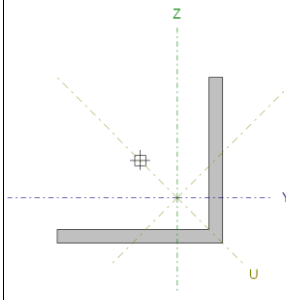
Pos.: Valor de la coordenada sobre el eje 'X' local del grupo de flecha en el punto donde se produce el valor pésimo de la flecha.
L.: Distancia entre dos puntos de corte consecutivos de la deformada con la recta que une los nudos extremos del grupo de flecha.

Flechas								
Grupo	Flecha máxima absoluta xy Flecha máxima relativa xy		Flecha máxima absoluta xz Flecha máxima relativa xz		Flecha activa absoluta xy Flecha activa relativa xy		Flecha activa absoluta xz Flecha activa relativa xz	
	Pos. (m)	Flecha (mm)	Pos. (m)	Flecha (mm)	Pos. (m)	Flecha (mm)	Pos. (m)	Flecha (mm)
N6/N98	4.375 -	0.00 L/(>1000)	6.126 -	0.00 L/(>1000)	5.688 -	0.00 L/(>1000)	6.126 -	0.00 L/(>1000)
N1/N105	6.563 -	0.00 L/(>1000)	6.563 -	0.00 L/(>1000)	6.563 -	0.00 L/(>1000)	6.563 -	0.00 L/(>1000)
N98/N105	1.875 1.875	1.18 L/(>1000)	2.500 2.500	0.45 L/(>1000)	1.875 1.875	2.00 L/(>1000)	3.125 2.500	0.59 L/(>1000)

4.5.2 Comprobaciones E.L.U

En la siguiente tabla se pasa a comprobar el Estado Límite Ultimo de la Barra N6/N98,correspondiente a la diagonal del arriostramiento de fachada lateral.

Perfil: L 70 x 70 x 6
Material: Acero (S275)



Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas							
Inicial	Final		Área (cm²)	I_y(1) (cm4)	I_z(1) (cm4)	I_{yz}(4) (cm4)	I_t(2) (cm4)	y_g(3) (mm)	z_g(3) (mm)	α(5) (grados)
N6	N98	7.001	8.13	36.88	36.88	21.72	0.96	15.70	-15.70	-45.0

Notas:
(1) Inercia respecto al eje indicado
(2) Momento de inercia a torsión uniforme
(3) Coordenadas del centro de gravedad
(4) Producto de inercia
(5) Es el ángulo que forma el eje principal de inercia U respecto al eje Y, positivo en sentido antihorario.

	Pandeo		Pandeo lateral	
	Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.
β	0.00	0.00	0.00	0.00
L_K	0.000	0.000	0.000	0.000
C_m	1.000	1.000	1.000	1.000
C_1	-		1.000	

Notación:
β: Coeficiente de pandeo
L_K: Longitud de pandeo (m)
C_m: Coeficiente de momentos
C_1: Factor de modificación para el momento crítico

Limitación de esbeltez (CTE DB SE-A, Artículos 6.3.1 y 6.3.2.1 - Tabla 6.3)

La esbeltez reducida $\bar{\lambda}$ de las barras de arriostramiento traccionadas no debe superar el valor 4.0.

$\bar{\lambda}$ < ***0.01*** ✓

Donde:

A: Área bruta de la sección transversal de la barra. **A** : *8.13* cm²

$\mathbf{f_y}$: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $\mathbf{f_y}$: *275.00* MPa

$\mathbf{N_{cr}}$: Axil crítico de pandeo elástico. $\mathbf{N_{cr}}$: ∞

Resistencia a tracción (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3)

Se debe satisfacer:

η : ***0.124*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(0°)H2+0.75·N(EI).

$\mathbf{N_{t,Ed}}$: Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{N_{t,Ed}}$: *26.42* kN

La resistencia de cálculo a tracción $\mathbf{N_{t,Rd}}$ viene dada por:

$\mathbf{N_{t,Rd}}$: *212.93* kN

Donde:

A: Área bruta de la sección transversal de la barra. **A** : *8.13* cm²

$\mathbf{f_{yd}}$: Resistencia de cálculo del acero. $\mathbf{f_{yd}}$: *261.90* MPa

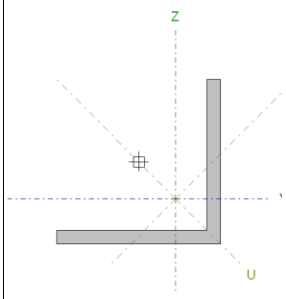
Siendo:

$\mathbf{f_y}$: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $\mathbf{f_y}$: *275.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{M0} : *1.05*

Esta vez se comprueba la otra diagonal del arriostramiento de fachada lateral, correspondiente ala Barra N1/N105.

Perfil: L 70 x 70 x 6
Material: Acero (S275)



Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas							
Inicial	Final		Área (cm²)	I_y(1) (cm4)	I_z(1) (cm4)	I_{yz}(4) (cm4)	I_t(2) (cm4)	y_g(3) (mm)	z_g(3) (mm)	α(5) (grados)
N1	N105	7.001	8.13	36.88	36.88	21.72	0.96	15.70	-15.70	-45.0

Notas:
(1) Inercia respecto al eje indicado
(2) Momento de inercia a torsión uniforme
(3) Coordenadas del centro de gravedad
(4) Producto de inercia
(5) Es el ángulo que forma el eje principal de inercia U respecto al eje Y, positivo en sentido antihorario.

	Pandeo		Pandeo lateral	
	Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.
β	0.00	0.00	0.00	0.00
L_K	0.000	0.000	0.000	0.000
C_m	1.000	1.000	1.000	1.000
C_1	-		1.000	

Notación:
β: Coeficiente de pandeo
L_K: Longitud de pandeo (m)
C_m: Coeficiente de momentos
C_1: Factor de modificación para el momento crítico

Limitación de esbeltez (CTE DB SE-A, Artículos 6.3.1 y 6.3.2.1 - Tabla 6.3)

La esbeltez reducida $\bar{\lambda}$ de las barras de arriostramiento traccionadas no debe superar el valor 4.0.

$\bar{\lambda}$ < ***0.01*** ✓

Donde:

A: Área bruta de la sección transversal de la barra. — **A** : *8.13* cm²

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) — **f_y** : *275.00* MPa

N_{cr}: Axil crítico de pandeo elástico. — **N_{cr}** : ∞

Resistencia a tracción (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3)

Se debe satisfacer:

η : ***0.187*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(90°)H1.

$N_{t,Ed}$: Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo. **$N_{t,Ed}$** : *39.75* kN

La resistencia de cálculo a tracción **$N_{t,Rd}$** viene dada por:

$N_{t,Rd}$: *212.93* kN

Donde:

A: Área bruta de la sección transversal de la barra. **A** : *8.13* cm²

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. **f_{yd}** : *261.90* MPa

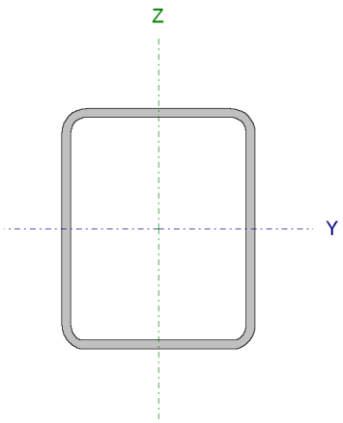
Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y** : *275.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. **γ_{M0}** : *1.05*

Por último en este apartado se pasa a comprobar el montante del arriostramiento de fachada lateral, correspondiente a la Barra N98/N105.

Perfil: # 100x80x4
Material: Acero (S275)



Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas			
Inicial	Final		Área (cm²)	I_y(1) (cm4)	I_z(1) (cm4)	I_t(2) (cm4)
N98	N105	5.000	13.20	185.35	131.44	254.43

Notas:
(1) Inercia respecto al eje indicado
(2) Momento de inercia a torsión uniforme

	Pandeo		Pandeo lateral	
	Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.
β	1.00	1.00	0.00	0.00
L_K	5.000	5.000	0.000	0.000
C_m	1.000	0.950	1.000	1.000
C_1	-		1.000	

Notación:
β: Coeficiente de pandeo
L_K: Longitud de pandeo (m)
C_m: Coeficiente de momentos
C_1: Factor de modificación para el momento crítico

Limitación de esbeltez (CTE DB SE-A, Artículos 6.3.1 y 6.3.2.1 - Tabla 6.3)

La esbeltez reducida $\bar{\lambda}$ de las barras comprimidas debe ser inferior al valor 2.0.

$\bar{\lambda}$: ***1.82*** ✓

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección. **Clase** : *1*

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3. **A** : *13.20* cm²

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y** : *275.00* MPa

N_{cr}: Axil crítico de pandeo elástico. **N_{cr}** : *108.97* kN

El axil crítico de pandeo elástico **N_{cr}** es el menor de los valores obtenidos en a), b) y c):

a) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y. **$N_{cr,y}$** : *153.66* kN

b) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z. **$N_{cr,z}$** : *108.97* kN

c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión. **$N_{cr,T}$** : ∞

Donde:

I_y: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Y. **I_y** : *185.35* cm4

I_z: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z. **I_z** : *131.44* cm4

I_t: Momento de inercia a torsión uniforme. **I_t** : *254.43* cm4

I_w: Constante de alabeo de la sección. **I_w** : *0.00* cm6

E: Módulo de elasticidad. **E** : *210000* MPa

G: Módulo de elasticidad transversal. **G** : *81000* MPa

L_{ky}: Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Y. **L_{ky}** : *5.000* m

L_{kz}: Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Z. **L_{kz}** : *5.000* m

L_{kt}: Longitud efectiva de pandeo por torsión. **L_{kt}** : *0.000* m

i_0: Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión. **i_0** : *4.90* cm

Siendo:

i_y , i_z: Radios de giro de la sección bruta, respecto a los ejes principales de inercia Y y Z.	**i_y** :	*3.75*	cm
	i_z :	*3.16*	cm
y_0 , z_0: Coordenadas del centro de torsión en la dirección de los ejes principales Y y Z, respectivamente, relativas al centro de gravedad de la sección.	**y_0** :	*0.00*	mm
	z_0 :	*0.00*	mm

<u>Abolladura del alma inducida por el ala comprimida</u> (Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: Eurocódigo 3 EN 1993-1-5: 2006, Artículo 8)

Se debe satisfacer:

23.00 ≤ 347.43 ✓

Donde:

h_w: Altura del alma.	**h_w** :	*92.00*	mm
t_w: Espesor del alma.	**t_w** :	*4.00*	mm
A_w: Área del alma.	**A_w** :	*7.36*	cm²
$A_{fc,ef}$: Área reducida del ala comprimida.	**$A_{fc,ef}$** :	*3.20*	cm²
k: Coeficiente que depende de la clase de la sección.	**k** :	*0.30*	
E: Módulo de elasticidad.	**E** :	*210000*	MPa
f_{yf}: Límite elástico del acero del ala comprimida.	**f_{yf}** :	*275.00*	MPa

Siendo:

<u>Resistencia a tracción</u> (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3)

La comprobación no procede, ya que no hay axil de tracción.

<u>Resistencia a compresión</u> (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5)

Se debe satisfacer:

η : ***0.082*** ✓

η : ***0.359*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(90°)H1.

$N_{c,Ed}$: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo. **$N_{c,Ed}$** : *28.46* kN

La resistencia de cálculo a compresión **$N_{c,Rd}$** viene dada por:

$N_{c,Rd}$: *345.65* kN

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección. **Clase** : *1*

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3. **A** : *13.20* cm²

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. **f_{yd}** : *261.90* MPa

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y** : *275.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. **γ_{M0}** : *1.05*

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.2)

La resistencia de cálculo a pandeo **$N_{b,Rd}$** en una barra comprimida viene dada por:

$N_{b,Rd}$: *79.22* kN

Donde:

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3. **A** : *13.20* cm²

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. **f_{yd}** : *261.90* MPa

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y** : *275.00* MPa

γ_{M1}: Coeficiente parcial de seguridad del material. **γ_{M1}** : *1.05*

χ: Coeficiente de reducción por pandeo.

Siendo:

χ_y : *0.30*

χ_z : *0.23*

ϕ_y : *2.01*

ϕ_z : *2.56*

α: Coeficiente de imperfección elástica.

α_y : *0.49*

α_z : *0.49*

$\bar{\lambda}$: Esbeltez reducida.

$\bar{\lambda}_y$: *1.54*

$\bar{\lambda}_z$: *1.82*

$\mathbf{N_{cr}}$: Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores:

$\mathbf{N_{cr}}$: *108.97* kN

$\mathbf{N_{cr,y}}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

$\mathbf{N_{cr,y}}$: *153.66* kN

$\mathbf{N_{cr,z}}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

$\mathbf{N_{cr,z}}$: *108.97* kN

$\mathbf{N_{cr,T}}$: Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

$\mathbf{N_{cr,T}}$: ∞

<u>Resistencia a flexión eje Y</u> (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

η : ***0.041*** ✓

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N105, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(270°)H1+0.75·N(EI).

$\mathbf{M_{Ed}^+}$: Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$\mathbf{M_{Ed}^+}$: *0.01* kN·m

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N105, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(90°)H1.

$\mathbf{M_{Ed}^-}$: Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$\mathbf{M_{Ed}^-}$: *0.51* kN·m

El momento flector resistente de cálculo $\mathbf{M_{c,Rd}}$ viene dado por:

$\mathbf{M_{c,Rd}}$: *12.48* kN·m

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple. — **Clase** : *1*

$\mathbf{W_{pl,y}}$: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2. — $\mathbf{W_{pl,y}}$: *47.65* cm³

$\mathbf{f_{yd}}$: Resistencia de cálculo del acero. — $\mathbf{f_{yd}}$: *261.90* MPa

Siendo:

$\mathbf{f_y}$: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) — $\mathbf{f_y}$: *275.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. — γ_{M0} : *1.05*

Resistencia a flexión eje Z (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

η : ***0.032*** ✓

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N98, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(90°)H1.

$\mathbf{M_{Ed}^+}$: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. — $\mathbf{M_{Ed}^+}$: *0.17* kN·m

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N98, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(180°)H2+0.75·N(EI).

$\mathbf{M_{Ed}^-}$: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. — $\mathbf{M_{Ed}^-}$: *0.34* kN·m

El momento flector resistente de cálculo $\mathbf{M_{c,Rd}}$ viene dado por:

$\mathbf{M_{c,Rd}}$: *10.68* kN·m

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple. — **Clase** : *1*

$\mathbf{W_{pl,z}}$: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2. — $\mathbf{W_{pl,z}}$: *40.77* cm³

$\mathbf{f_{yd}}$: Resistencia de cálculo del acero. — $\mathbf{f_{yd}}$: *261.90* MPa

Siendo:

$\mathbf{f_y}$: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) — $\mathbf{f_y}$: *275.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. — γ_{M0} : *1.05*

Resistencia a corte Z (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

η : ***0.004*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N105, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(90°)H1.

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. **V_{Ed}** : *0.43* kN

El esfuerzo cortante resistente de cálculo **$V_{c,Rd}$** viene dado por:

$V_{c,Rd}$: *111.29* kN

Donde:

A_v: Área transversal a cortante. **A_v** : *7.36* cm²

Siendo:

d: Altura del alma. **d** : *92.00* mm

t_w: Espesor del alma. **t_w** : *4.00* mm

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. **f_{yd}** : *261.90* MPa

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y** : *275.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. **γ_{M0}** : *1.05*

Abolladura por cortante del alma: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.4)

Aunque no se han dispuesto rigidizadores transversales, no es necesario comprobar la resistencia a la abolladura del alma, puesto que se cumple:

23.00 < **64.71** ✓

Donde:

λ_w: Esbeltez del alma. **λ_w** : *23.00*

$\lambda_{máx}$: Esbeltez máxima. $\lambda_{máx}$: *64.71*

ε: Factor de reducción. ε : *0.92*

Siendo:

f_{ref}: Límite elástico de referencia. f_{ref} : *235.00* MPa

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) f_y : *275.00* MPa

Resistencia a corte Y (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

η : ***0.001*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(180°)H2+0.75·N(EI).

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. V_{Ed} : *0.08* kN

El esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{c,Rd}$ viene dado por:

$V_{c,Rd}$: *88.27* kN

Donde:

A_v: Área transversal a cortante. A_v : *5.84* cm²

Siendo:

A: Área de la sección bruta. A : *13.20* cm²

d: Altura del alma. d : *92.00* mm

t_w: Espesor del alma. t_w : *4.00* mm

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. f_{yd} : *261.90* MPa

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) f_y : *275.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{M0} : *1.05*

Abolladura por cortante del alma: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.4)

Aunque no se han dispuesto rigidizadores transversales, no es necesario comprobar la resistencia a la abolladura del alma, puesto que se cumple:

20.00 < **64.71** ✓

Donde:

λ_w: Esbeltez del alma. λ_w : *20.00*

$\lambda_{máx}$: Esbeltez máxima. $\lambda_{máx}$: *64.71*

ε: Factor de reducción. ε : *0.92*

Siendo:

f_{ref}: Límite elástico de referencia. f_{ref} : *235.00* MPa

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) f_y : *275.00* MPa

Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo V_{Ed} no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante $V_{c,Rd}$.

0.41 kN ≤ **55.65 kN** ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(270°)H1+0.75·N(EI).

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. V_{Ed} : *0.41* kN

$V_{c,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. $V_{c,Rd}$: *111.29* kN

Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo $\mathbf{V_{Ed}}$ no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante $\mathbf{V_{c,Rd}}$.

0.08 kN ≤ 44.14 kN ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(180°)H2+0.75·N(EI).

$\mathbf{V_{Ed}}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{V_{Ed}}$: *0.08* kN

$\mathbf{V_{c,Rd}}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. $\mathbf{V_{c,Rd}}$: *88.27* kN

Resistencia a flexión y axil combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

η : ***0.117*** ✓

η : ***0.311*** ✓

η : ***0.384*** ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N105, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(90°)H1.

Donde:

$\mathbf{N_{c,Ed}}$: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{N_{c,Ed}}$: *28.46* kN

$\mathbf{M_{y,Ed}}$, $\mathbf{M_{z,Ed}}$: Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente. $\mathbf{M_{y,Ed}^{-}}$: *0.41* kN·m; $\mathbf{M_{z,Ed}^{-}}$: *0.02* kN·m

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de sus elementos planos, para axil y flexión simple. **Clase** : *1*

$\mathbf{N_{pl,Rd}}$: Resistencia a compresión de la sección bruta. $\mathbf{N_{pl,Rd}}$: *345.65* kN

$\mathbf{M_{pl,Rd,y}}$, $\mathbf{M_{pl,Rd,z}}$: Resistencia a flexión de la sección bruta en condiciones plásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente. $\mathbf{M_{pl,Rd,y}}$: *12.48* kN·m; $\mathbf{M_{pl,Rd,z}}$: *10.68* kN·m

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.2)

A: Área de la sección bruta. — **A** : *13.20* cm²

$\mathbf{W_{pl,y}}$, $\mathbf{W_{pl,z}}$: Módulos resistentes plásticos correspondientes a la fibra comprimida, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente. — $\mathbf{W_{pl,y}}$: *47.65* cm³; $\mathbf{W_{pl,z}}$: *40.77* cm³

$\mathbf{f_{yd}}$: Resistencia de cálculo del acero. — $\mathbf{f_{yd}}$: *261.90* MPa

Siendo:

$\mathbf{f_y}$: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) — $\mathbf{f_y}$: *275.00* MPa

γ_{M1}: Coeficiente parcial de seguridad del material. — γ_{M1} : *1.05*

$\mathbf{k_y}$, $\mathbf{k_z}$: Coeficientes de interacción.

$\mathbf{k_y}$: *1.22*

$\mathbf{k_z}$: *1.29*

$\mathbf{C_{m,y}}$, $\mathbf{C_{m,z}}$: Factores de momento flector uniforme equivalente. — $\mathbf{C_{m,y}}$: *0.95*; $\mathbf{C_{m,z}}$: *1.00*

χ_y, χ_z: Coeficientes de reducción por pandeo, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente. — χ_y : *0.30*; χ_z : *0.23*

$\bar{\lambda}_y$, $\bar{\lambda}_z$: Esbelteces reducidas con valores no mayores que 1.00, en relación a los ejes Y y Z, respectivamente. — $\bar{\lambda}_y$: *1.54*; $\bar{\lambda}_z$: *1.82*

α_y, α_z: Factores dependientes de la clase de la sección. — α_y : *0.60*; α_z : *0.60*

<u>Resistencia a flexión, axil y cortante combinados</u> (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir las resistencias de cálculo a flexión y a axil, ya que se puede ignorar el efecto de abolladura por esfuerzo cortante y, además, el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo $\mathbf{V_{Ed}}$ es menor o igual que el 50% del esfuerzo cortante resistente de cálculo $\mathbf{V_{c,Rd}}$.

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(270°)H1+0.75·N(EI).

0.41 kN ≤ 55.01 kN ✓

Donde:

$\mathbf{V_{Ed,z}}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. — $\mathbf{V_{Ed,z}}$: *0.41* kN

$\mathbf{V_{c,Rd,z}}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. — $\mathbf{V_{c,Rd,z}}$: *110.01* kN

Resistencia a torsión (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.7)

Se debe satisfacer:

η : ***0.012*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q.

$M_{T,Ed}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo. **$M_{T,Ed}$** : *0.10* kN·m

El momento torsor resistente de cálculo **$M_{T,Rd}$** viene dado por:

$M_{T,Rd}$: *8.82* kN·m

Donde:

W_T: Módulo de resistencia a torsión. **W_T** : *58.34* cm³

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. **f_{yd}** : *261.90* MPa

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y** : *275.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. **γ_{M0}** : *1.05*

Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

η : ***0.003*** ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N98, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q.

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. **V_{Ed}** : *0.36* kN

$M_{T,Ed}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo. **$M_{T,Ed}$** : *0.10* kN·m

El esfuerzo cortante resistente de cálculo reducido **$V_{pl,T,Rd}$** viene dado por:

$V_{pl,T,Rd}$: *110.01* kN

Donde:

$V_{pl,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. $V_{pl,Rd}$: *111.29* kN

$\tau_{T,Ed}$: Tensiones tangenciales por torsión. $\tau_{T,Ed}$: *1.74* MPa

Siendo:

W_T: Módulo de resistencia a torsión. W_T : *58.37* cm³

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. f_{yd} : *261.90* MPa

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) f_y : *275.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{M0} : *1.05*

<u>Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados</u> (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

η : ***0.001*** ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q.

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. V_{Ed} : *0.06* kN

$M_{T,Ed}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo. $M_{T,Ed}$: *0.10* kN·m

El esfuerzo cortante resistente de cálculo reducido $V_{pl,T,Rd}$ viene dado por:

$V_{pl,T,Rd}$: *87.26* kN

Donde:

$V_{pl,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. $V_{pl,Rd}$: *88.27* kN

$\tau_{T,Ed}$: Tensiones tangenciales por torsión. $\tau_{T,Ed}$: *1.74* MPa

Siendo:

W_T: Módulo de resistencia a torsión. **W_T** : *58.37* cm³

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. **f_{yd}** : *261.90* MPa

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y** : *275.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. **γ_{M0}** : *1.05*

4.6 Viga perimetral

En la viga perimetral se ha utilizado un perfil IPN160 con una longitud de 5.00m,un coeficiente de pandeo tanto en el plano XY como en el plano XZ de 0.50 y de material acero laminado S275.Concretamente se va a analizar la barra que une los nudos N7/N12 de la estrucutra.

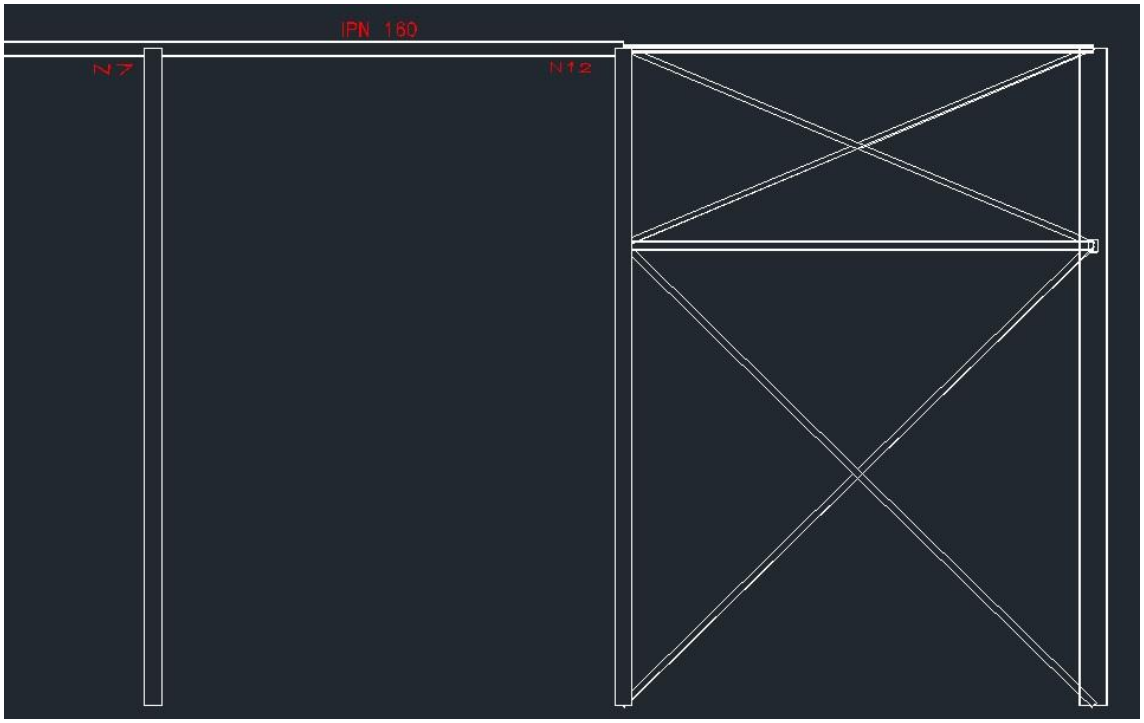


Figura 7.Viga perimetral

4.6.1 Cálculo de Solicitaciones

- **Esfuerzos considerados**

Referencias:

N: Esfuerzo axil (kN)
Vy: Esfuerzo cortante según el eje local Y de la barra. (kN)
Vz: Esfuerzo cortante según el eje local Z de la barra. (kN)
Mt: Momento torsor (kN·m)
My: Momento flector en el plano 'XZ' (giro de la sección respecto al eje local 'Y' de la barra). (kN·m)
Mz: Momento flector en el plano 'XY' (giro de la sección respecto al eje local 'Z' de la barra). (kN·m)

4.6.1.1 Resultados de esfuerzos en barras

Se muestra a continuación los esfuerzos en pieza N7/N12, correspondiente a un perfil IPN160 con diferentes hipótesis consideradas.

Esfuerzos en barras, por hipótesis											
Barra	Hipótesis	Esfuerzo	Posiciones en la barra								
			0.000 m	0.625 m	1.250 m	1.875 m	2.500 m	3.125 m	3.750 m	4.375 m	5.000 m
N7/N12	Peso propio	N	1.811	1.811	1.811	1.811	1.811	1.811	1.811	1.811	1.811
		Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Vz	-0.439	-0.329	-0.219	-0.110	0.000	0.110	0.219	0.329	0.439
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	0.00	0.24	0.41	0.51	0.55	0.51	0.41	0.24	0.00
		Mz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	Q	N	1.994	1.994	1.994	1.994	1.994	1.994	1.994	1.994	1.994
		Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Vz	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		Mz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	V(0°) H1	N	13.600	13.600	13.600	13.600	13.600	13.600	13.600	13.600	13.600
		Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Vz	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		Mz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	V(0°) H2	N	14.031	14.031	14.031	14.031	14.031	14.031	14.031	14.031	14.031
		Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Vz	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		Mz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	V(90°) H1	N	-6.336	-6.336	-6.336	-6.336	-6.336	-6.336	-6.336	-6.336	-6.336
		Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

Esfuerzos en barras, por hipótesis											
Barra	Hipótesis	Esfuerzo	Posiciones en la barra								
			0.000 m	0.625 m	1.250 m	1.875 m	2.500 m	3.125 m	3.750 m	4.375 m	5.000 m
		Vz	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		Mz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	V(180°) H1	N	9.814	9.814	9.814	9.814	9.814	9.814	9.814	9.814	9.814
		Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Vz	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		Mz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	V(180°) H2	N	11.030	11.030	11.030	11.030	11.030	11.030	11.030	11.030	11.030
		Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Vz	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		Mz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	V(270°) H1	N	-5.727	-5.727	-5.727	-5.727	-5.727	-5.727	-5.727	-5.727	-5.727
		Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Vz	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		Mz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	N(EI)	N	1.144	1.144	1.144	1.144	1.144	1.144	1.144	1.144	1.144
		Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Vz	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		Mz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	N(R) 1	N	0.958	0.958	0.958	0.958	0.958	0.958	0.958	0.958	0.958
		Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Vz	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		Mz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	N(R) 2	N	0.757	0.757	0.757	0.757	0.757	0.757	0.757	0.757	0.757
		Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Vz	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		Mz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

4.6.3.2 Flechas

Se detalla a continuación las flechas en el elemento considerado.

Referencias:

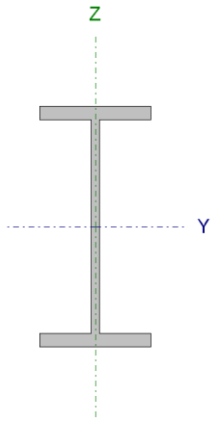
Pos.: Valor de la coordenada sobre el eje 'X' local del grupo de flecha en el punto donde se produce el valor pésimo de la flecha.
L.: Distancia entre dos puntos de corte consecutivos de la deformada con la recta que une los nudos extremos del grupo de flecha.

Flechas								
Grupo	Flecha máxima absoluta xy Flecha máxima relativa xy		Flecha máxima absoluta xz Flecha máxima relativa xz		Flecha activa absoluta xy Flecha activa relativa xy		Flecha activa absoluta xz Flecha activa relativa xz	
	Pos. (m)	Flecha (mm)	Pos. (m)	Flecha (mm)	Pos. (m)	Flecha (mm)	Pos. (m)	Flecha (mm)
N7/N12	4.063 -	0.00 L/(>1000)	2.500 2.500	0.74 L/(>1000)	4.063 -	0.00 L/(>1000)	2.500 2.500	0.74 L/(>1000)

4.6.2 Comprobaciones E.L.U

A continuación se detalla las comprobaciones de Estado Limte Último de la barra N7/N12, correspondiente a un perfil IPN160 de acero S275

Perfil: IPN 160
Material: Acero (S275)



Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas			
Inicial	Final		Área (cm²)	I_y(1) (cm4)	I_z(1) (cm4)	I_t(2) (cm4)
N7	N12	5.000	22.80	935.00	54.70	6.57

Notas:
(1) Inercia respecto al eje indicado
(2) Momento de inercia a torsión uniforme

	Pandeo		Pandeo lateral	
	Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.
β	0.50	0.50	0.00	0.00
L_K	2.500	2.500	0.000	0.000
C_m	1.000	1.000	1.000	1.000
C_1	-		1.000	

Notación:
β: Coeficiente de pandeo
L_K: Longitud de pandeo (m)
C_m: Coeficiente de momentos
C_1: Factor de modificación para el momento crítico

Limitación de esbeltez (CTE DB SE-A, Artículos 6.3.1 y 6.3.2.1 - Tabla 6.3)

La esbeltez reducida $\bar{\lambda}$ de las barras comprimidas debe ser inferior al valor 2.0.

$\bar{\lambda}$: ***1.86*** ✓

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección. **Clase** : *1*

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3. **A** : *22.80* cm²

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y** : *275.00* MPa

N_{cr}: Axil crítico de pandeo elástico. **N_{cr}** : *181.40* kN

El axil crítico de pandeo elástico **N_{cr}** es el menor de los valores obtenidos en a), b) y c):

a) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y. **$N_{cr,y}$** : *3100.63* kN

b) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z. **$N_{cr,z}$** : *181.40* kN

c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión. **$N_{cr,T}$** : ∞

Donde:

I_y: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Y. **I_y** : *935.00* cm4

I_z: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z. **I_z** : *54.70* cm4

I_t: Momento de inercia a torsión uniforme. **I_t** : *6.57* cm4

I_w: Constante de alabeo de la sección. **I_w** : *3140.00* cm6

E: Módulo de elasticidad. **E** : *210000* MPa

G: Módulo de elasticidad transversal. **G** : *81000* MPa

L_{ky}: Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Y. **L_{ky}** : *2.500* m

L_{kz}: Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Z. **L_{kz}** : *2.500* m

L_{kt}: Longitud efectiva de pandeo por torsión. **L_{kt}** : *0.000* m

i_0: Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión. **i_0** : *6.59* cm

Siendo:

i_y , i_z: Radios de giro de la sección bruta, respecto a los ejes principales de inercia Y y Z. **i_y** : *6.40* cm

i_z : *1.55* cm

y_0 : *0.00* mm

y_0 , z_0: Coordenadas del centro de torsión en la dirección de los ejes principales Y y Z, respectivamente, relativas al centro de gravedad de la sección.

z_0 : *0.00* mm

<u>Abolladura del alma inducida por el ala comprimida</u> (Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: Eurocódigo 3 EN 1993-1-5: 2006, Artículo 8)

Se debe satisfacer:

22.38 ≤ 257.52 ✓

Donde:

h_w: Altura del alma.	**h_w** :	*141.00*	mm
t_w: Espesor del alma.	**t_w** :	*6.30*	mm
A_w: Área del alma.	**A_w** :	*8.88*	cm²
$A_{fc,ef}$: Área reducida del ala comprimida.	**$A_{fc,ef}$** :	*7.03*	cm²
k: Coeficiente que depende de la clase de la sección.	**k** :	*0.30*	
E: Módulo de elasticidad.	**E** :	*210000*	MPa
f_{yf}: Límite elástico del acero del ala comprimida.	**f_{yf}** :	*275.00*	MPa

Siendo:

<u>Resistencia a tracción</u> (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3)

Se debe satisfacer:

η : ***0.041*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(0°)H2+0.75·N(EI).

$N_{t,Ed}$: Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo.

$N_{t,Ed}$: *24.35* kN

La resistencia de cálculo a tracción **$N_{t,Rd}$** viene dada por:

$N_{t,Rd}$: *597.14* kN

Donde:

A: Área bruta de la sección transversal de la barra. **A** : *22.80* cm²

$\mathbf{f_{yd}}$: Resistencia de cálculo del acero. $\mathbf{f_{yd}}$: *261.90* MPa

Siendo:

$\mathbf{f_y}$: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $\mathbf{f_y}$: *275.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{M0} : *1.05*

Resistencia a compresión (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5)

Se debe satisfacer:

η : ***0.013*** ✓

η : ***0.057*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(90°)H1.

$\mathbf{N_{c,Ed}}$: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{N_{c,Ed}}$: *8.06* kN

La resistencia de cálculo a compresión $\mathbf{N_{c,Rd}}$ viene dada por:

$\mathbf{N_{c,Rd}}$: *597.14* kN

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección. **Clase** : *1*

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3. **A** : *22.80* cm²

$\mathbf{f_{yd}}$: Resistencia de cálculo del acero. $\mathbf{f_{yd}}$: *261.90* MPa

Siendo:

$\mathbf{f_y}$: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $\mathbf{f_y}$: *275.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{M0} : *1.05*

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.2)

La resistencia de cálculo a pandeo $\mathbf{N_{b,Rd}}$ en una barra comprimida viene dada por:

$\mathbf{N_{b,Rd}}$: *142.27* kN

Donde:

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3. **A** : *22.80* cm²

$\mathbf{f_{yd}}$: Resistencia de cálculo del acero. $\mathbf{f_{yd}}$: *261.90* MPa

Siendo:

$\mathbf{f_y}$: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $\mathbf{f_y}$: *275.00* MPa

γ_{M1}: Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{M1} : *1.05*

χ: Coeficiente de reducción por pandeo.

χ_y : *0.94*

χ_z : *0.24*

Siendo:

ϕ_y : *0.63*

ϕ_z : *2.51*

α: Coeficiente de imperfección elástica. α_y : *0.21* α_z : *0.34*

$\bar{\lambda}$: Esbeltez reducida.

$\bar{\lambda}_y$: *0.45*

$\bar{\lambda}_z$: *1.86*

$\mathbf{N_{cr}}$: Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores: $\mathbf{N_{cr}}$: *181.40* kN

$\mathbf{N_{cr,y}}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y. $\mathbf{N_{cr,y}}$: *3100.63* kN

$\mathbf{N_{cr,z}}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z. $\mathbf{N_{cr,z}}$: *181.40* kN

$\mathbf{N_{cr,T}}$: Axil crítico elástico de pandeo por torsión. $\mathbf{N_{cr,T}}$: ∞

Resistencia a flexión eje Y (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

η : ***0.021*** ✓

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 2.500 m del nudo N7, para la combinación de acciones 1.35·PP.

$\mathbf{M_{Ed}^{+}}$: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{M_{Ed}^{+}}$: *0.74* kN·m

Para flexión negativa:

$\mathbf{M_{Ed}^{-}}$: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{M_{Ed}^{-}}$: *0.00* kN·m

El momento flector resistente de cálculo $\mathbf{M_{c,Rd}}$ viene dado por:

$\mathbf{M_{c,Rd}}$: *35.62* kN·m

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple. **Clase** : *1*

$\mathbf{W_{pl,y}}$: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2. $\mathbf{W_{pl,y}}$: *136.00* cm³

$\mathbf{f_{yd}}$: Resistencia de cálculo del acero. $\mathbf{f_{yd}}$: *261.90* MPa

Siendo:

$\mathbf{f_y}$: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $\mathbf{f_y}$: *275.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{M0} : *1.05*

Resistencia a corte Z (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

η : ***0.004*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N7, para la combinación de acciones 1.35·PP.

$\mathbf{V_{Ed}}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{V_{Ed}}$: *0.59* kN

El esfuerzo cortante resistente de cálculo $\mathbf{V_{c,Rd}}$ viene dado por:

$\mathbf{V_{c,Rd}}$: *152.42* kN

Donde:

$\mathbf{A_v}$: Área transversal a cortante. $\mathbf{A_v}$: *10.08* cm²

Siendo:

$\mathbf{h}$: Canto de la sección. $\mathbf{h}$: *160.00* mm

$\mathbf{t_w}$: Espesor del alma. $\mathbf{t_w}$: *6.30* mm

$\mathbf{f_{yd}}$: Resistencia de cálculo del acero. $\mathbf{f_{yd}}$: *261.90* MPa

Siendo:

$\mathbf{f_y}$: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $\mathbf{f_y}$: *275.00* MPa

$\gamma_{\mathbf{M0}}$: Coeficiente parcial de seguridad del material. $\gamma_{\mathbf{M0}}$: *1.05*

Abolladura por cortante del alma: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.4)

Aunque no se han dispuesto rigidizadores transversales, no es necesario comprobar la resistencia a la abolladura del alma, puesto que se cumple:

22.38 < **64.71** ✓

Donde:

λ_w: Esbeltez del alma. λ_w : *22.38*

$\lambda_{máx}$: Esbeltez máxima. $\lambda_{máx}$: *64.71*

ε: Factor de reducción. ε : *0.92*

Siendo:

$\mathbf{f_{ref}}$: Límite elástico de referencia. $\mathbf{f_{ref}}$: *235.00* MPa

$\mathbf{f_y}$: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $\mathbf{f_y}$: *275.00* MPa

Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo $\mathbf{V_{Ed}}$ no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante $\mathbf{V_{c,Rd}}$.

0.52 kN ≤ 76.21 kN ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.313 m del nudo N7, para la combinación de acciones 1.35·PP.

$\mathbf{V_{Ed}}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{V_{Ed}}$: *0.52* kN

$\mathbf{V_{c,Rd}}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. $\mathbf{V_{c,Rd}}$: *152.42* kN

Resistencia a flexión y axil combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

η : ***0.026*** ✓

η : ***0.027*** ✓

η : ***0.064*** ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 2.500 m del nudo N7, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(90°)H1.

Donde:

$\mathbf{N_{c,Ed}}$: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{N_{c,Ed}}$: *8.06* kN

$\mathbf{M_{y,Ed}}$, $\mathbf{M_{z,Ed}}$: Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente. $\mathbf{M_{y,Ed}^+}$: *0.44* kN·m; $\mathbf{M_{z,Ed}^+}$: *0.00* kN·m

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de sus elementos planos, para axil y flexión simple. **Clase** : *1*

$\mathbf{N_{pl,Rd}}$: Resistencia a compresión de la sección bruta. $\mathbf{N_{pl,Rd}}$: *597.14* kN; $\mathbf{M_{pl,Rd,y}}$: *35.62* kN·m

$M_{pl,Rd,y}$, $M_{pl,Rd,z}$: Resistencia a flexión de la sección bruta en condiciones plásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente.

$M_{pl,Rd,z}$: *6.52* kN·m

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.2)

A: Área de la sección bruta. — **A** : *22.80* cm²

$W_{pl,y}$, $W_{pl,z}$: Módulos resistentes plásticos correspondientes a la fibra comprimida, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente. — $W_{pl,y}$: *136.00* cm³ — $W_{pl,z}$: *24.90* cm³

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. — f_{yd} : *261.90* MPa

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) — f_y : *275.00* MPa

γ_{M1}: Coeficiente parcial de seguridad del material. — γ_{M1} : *1.05*

k_y, k_z: Coeficientes de interacción.

k_y : *1.00*

k_z : *1.08*

$C_{m,y}$, $C_{m,z}$: Factores de momento flector uniforme equivalente. — $C_{m,y}$: *1.00* — $C_{m,z}$: *1.00*

χ_y, χ_z: Coeficientes de reducción por pandeo, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente. — χ_y : *0.94* — χ_z : *0.24*

$\bar{\lambda}_y$, $\bar{\lambda}_z$: Esbelteces reducidas con valores no mayores que 1.00, en relación a los ejes Y y Z, respectivamente. — $\bar{\lambda}_y$: *0.45* — $\bar{\lambda}_z$: *1.86*

α_y, α_z: Factores dependientes de la clase de la sección. — α_y : *0.60* — α_z : *0.60*

<u>Resistencia a flexión, axil y cortante combinados</u> (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir las resistencias de cálculo a flexión y a axil, ya que se puede ignorar el efecto de abolladura por esfuerzo cortante y, además, el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo **V_{Ed}** es menor o igual que el 50% del esfuerzo cortante resistente de cálculo **$V_{c,Rd}$**.

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.313 m del nudo N7, para la combinación de acciones 1.35·PP.

0.52 kN ≤ 76.21 kN ✓

Donde:

$V_{Ed,z}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. **$V_{Ed,z}$** : *0.52* kN

$V_{c,Rd,z}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. **$V_{c,Rd,z}$** : *152.42* kN

4.7 Placas de anclaje

Se ha utilizado un total de 5 placas de anclaje diferentes para la construcción de la nave.Se muestra a continuación las dimensiones de cada una de las placas,la disposición que tiene,si disponen de rigidizadores y las características de los pernos.

Descripción				
Referencia	Placa base	Disposición	Rigidizadores	Pernos
N1,N3,N81,N83	Ancho X: 300 mm Ancho Y: 450 mm Espesor: 18 mm	Posición X: Centrada Posición Y: Centrada	Paralelos X: - Paralelos Y: -	4Ø16 mm L=35 cm Prolongación recta
N6,N8,N76,N78	Ancho X: 350 mm Ancho Y: 500 mm Espesor: 22 mm	Posición X: Centrada Posición Y: Centrada	Paralelos X: - Paralelos Y: -	4Ø20 mm L=35 cm Patilla a 90 grados
N11,N13,N16, N18,N21,N23, N26,N28,N31, N33,N36,N38, N41,N43,N46, N48,N51,N53, N56,N58,N61, N63,N66,N68, N71,N73	Ancho X: 450 mm Ancho Y: 650 mm Espesor: 22 mm	Posición X: Centrada Posición Y: Centrada	Paralelos X: - Paralelos Y: 2(150x20x7.0)	6Ø25 mm L=40 cm Patilla a 90 grados
N86,N91	Ancho X: 450 mm Ancho Y: 650 mm Espesor: 22 mm	Posición X: Centrada Posición Y: Centrada	Paralelos X: - Paralelos Y: 2(150x20x7.0)	6Ø25 mm L=35 cm Prolongación recta
N87,N89,N92, N94	Ancho X: 400 mm Ancho Y: 550 mm Espesor: 22 mm	Posición X: Centrada Posición Y: Centrada	Paralelos X: - Paralelos Y: 2(150x35x7.0)	6Ø20 mm L=50 cm Prolongación recta

4.7.1 Medición placas de anclaje

Pilares	Acero	Peso kp	Totales kp
N1, N3, N81, N83	S275	4 x 19.08	
N6, N8, N76, N78	S275	4 x 30.22	
N11, N13, N16, N18, N21, N23, N26, N28, N31, N33, N36, N38, N41, N43, N46, N48, N51, N53, N56, N58, N61, N63, N66, N68, N71, N73	S275	26 x 59.44	
N86, N91	S275	2 x 59.44	
N87, N89, N92, N94	S275	4 x 45.67	
			2044.31
Totales			2044.31

4.7.2 Medición de pernos de las placas de anclaje

Pilares	Pernos	Acero	Longitud m	Peso kp	Totales m	Totales kp
N1, N3, N81, N83	16Ø16 mm L=40 cm	B 400 S, Ys = 1.15 (corrugado)	16 x 0.40	16 x 0.64		
N6, N8, N76, N78	16Ø20 mm L=61 cm	B 400 S, Ys = 1.15 (corrugado)	16 x 0.61	16 x 1.50		
N11, N13, N16, N18, N21, N23, N26, N28, N31, N33, N36, N38, N41, N43, N46, N48, N51, N53, N56, N58, N61, N63, N66, N68, N71, N73	156Ø25 mm L=71 cm	B 400 S, Ys = 1.15 (corrugado)	156 x 0.71	156 x 2.74		
N86, N91	12Ø25 mm L=42 cm	B 400 S, Ys = 1.15 (corrugado)	12 x 0.42	12 x 1.61		
N87, N89, N92, N94	24Ø20 mm L=56 cm	B 400 S, Ys = 1.15 (corrugado)	24 x 0.56	24 x 1.39		
					145.39	513.35
Totales					145.39	513.35

5 CIMENTACIONES

5.1 Zapatas

Se muestra a continuación los diferentes tipos de elementos de cimentación aislados.En total la nave dispone de 5 zapatas diferentes las cuales se detalla la geometría y su armado a continuación.

Referencias	Geometría	Armado
N1, N3, N83 y N81	Zapata cuadrada Ancho: 215.0 cm Canto: 50.0 cm	Sup X: 8Ø12c/25 Sup Y: 8Ø12c/25 Inf X: 8Ø12c/25 Inf Y: 8Ø12c/25
N92, N94, N89 y N87	Zapata cuadrada Ancho: 225.0 cm Canto: 60.0 cm	Sup X: 11Ø12c/20 Sup Y: 11Ø12c/20 Inf X: 11Ø12c/20 Inf Y: 11Ø12c/20
N91 y N86	Zapata cuadrada Ancho: 265.0 cm Canto: 60.0 cm	Sup X: 13Ø12c/20 Sup Y: 13Ø12c/20 Inf X: 13Ø12c/20 Inf Y: 13Ø12c/20
N8, N13, N18, N23, N28, N33, N38, N43, N48, N53, N58, N63, N68, N73 y N78	Zapata rectangular excéntrica Ancho inicial X: 85.0 cm Ancho inicial Y: 35.0 cm Ancho final X: 85.0 cm Ancho final Y: 315.0 cm Ancho zapata X: 170.0 cm Ancho zapata Y: 350.0 cm Canto: 70.0 cm	Sup X: 20Ø12c/17 Sup Y: 9Ø12c/17 Inf X: 20Ø12c/17 Inf Y: 11Ø12c/15
N76, N71, N66, N61, N56, N51, N46, N41, N36, N31, N26, N21, N16, N11 y N6	Zapata rectangular excéntrica Ancho inicial X: 85.0 cm Ancho inicial Y: 305.0 cm Ancho final X: 85.0 cm Ancho final Y: 35.0 cm Ancho zapata X: 170.0 cm Ancho zapata Y: 340.0 cm Canto: 70.0 cm	Sup X: 19Ø12c/17 Sup Y: 9Ø12c/17 Inf X: 19Ø12c/17 Inf Y: 11Ø12c/15

5.1.1 Medición

Referencias: N1, N3, N83 y N81		B 500 SD, Ys=1.15	Total
Nombre de armado		Ø12	
Parrilla inferior - Armado X	Longitud (m) Peso (kg)	8x1.99 8x1.77	15.92 14.13
Parrilla inferior - Armado Y	Longitud (m) Peso (kg)	8x1.99 8x1.77	15.92 14.13
Parrilla superior - Armado X	Longitud (m) Peso (kg)	8x1.99 8x1.77	15.92 14.13

Referencias: N1, N3, N83 y N81		B 500 SD, Ys=1.15	Total
Nombre de armado		Ø12	
Parrilla superior - Armado Y	Longitud (m) Peso (kg)	8x1.99 8x1.77	15.92 14.13
Totales	Longitud (m) Peso (kg)	63.68 56.52	 56.52
Total con mermas (10.00%)	Longitud (m) Peso (kg)	70.05 62.17	 62.17

Referencias: N92, N94, N89 y N87		B 500 SD, Ys=1.15	Total
Nombre de armado		Ø12	
Parrilla inferior - Armado X	Longitud (m) Peso (kg)	11x2.09 11x1.86	22.99 20.41
Parrilla inferior - Armado Y	Longitud (m) Peso (kg)	11x2.09 11x1.86	22.99 20.41
Parrilla superior - Armado X	Longitud (m) Peso (kg)	11x2.09 11x1.86	22.99 20.41
Parrilla superior - Armado Y	Longitud (m) Peso (kg)	11x2.09 11x1.86	22.99 20.41
Totales	Longitud (m) Peso (kg)	91.96 81.64	 81.64
Total con mermas (10.00%)	Longitud (m) Peso (kg)	101.16 89.80	 89.80

Referencias: N91 y N86		B 500 SD, Ys=1.15	Total
Nombre de armado		Ø12	
Parrilla inferior - Armado X	Longitud (m) Peso (kg)	13x2.49 13x2.21	32.37 28.74
Parrilla inferior - Armado Y	Longitud (m) Peso (kg)	13x2.49 13x2.21	32.37 28.74
Parrilla superior - Armado X	Longitud (m) Peso (kg)	13x2.49 13x2.21	32.37 28.74
Parrilla superior - Armado Y	Longitud (m) Peso (kg)	13x2.49 13x2.21	32.37 28.74
Totales	Longitud (m) Peso (kg)	129.48 114.96	 114.96
Total con mermas (10.00%)	Longitud (m) Peso (kg)	142.43 126.46	 126.46

Referencias: N8, N13, N18, N23, N28, N33, N38, N43, N48, N53, N58, N63, N68, N73 y N78		B 500 SD, Ys=1.15	Total
Nombre de armado		Ø12	
Parrilla inferior - Armado X	Longitud (m) Peso (kg)	20x1.83 20x1.62	36.60 32.49
Parrilla inferior - Armado Y	Longitud (m) Peso (kg)	11x3.63 11x3.22	39.93 35.45
Parrilla superior - Armado X	Longitud (m) Peso (kg)	20x1.83 20x1.62	36.60 32.49
Parrilla superior - Armado Y	Longitud (m) Peso (kg)	9x3.63 9x3.22	32.67 29.01

Referencias: N8, N13, N18, N23, N28, N33, N38, N43, N48, N53, N58, N63, N68, N73 y N78		B 500 SD, Ys=1.15	Total
Nombre de armado		Ø12	
Totales	Longitud (m) Peso (kg)	145.80 129.44	129.44
Total con mermas (10.00%)	Longitud (m) Peso (kg)	160.38 142.38	142.38

Referencias: N76, N71, N66, N61, N56, N51, N46, N41, N36, N31, N26, N21, N16, N11 y N6		B 500 SD, Ys=1.15	Total
Nombre de armado		Ø12	
Parrilla inferior - Armado X	Longitud (m) Peso (kg)	19x1.83 19x1.62	34.77 30.87
Parrilla inferior - Armado Y	Longitud (m) Peso (kg)	11x3.53 11x3.13	38.83 34.47
Parrilla superior - Armado X	Longitud (m) Peso (kg)	19x1.83 19x1.62	34.77 30.87
Parrilla superior - Armado Y	Longitud (m) Peso (kg)	9x3.53 9x3.13	31.77 28.21
Totales	Longitud (m) Peso (kg)	140.14 124.42	124.42
Total con mermas (10.00%)	Longitud (m) Peso (kg)	154.15 136.86	136.86

Resumen de medición (se incluyen mermas de acero)

Elemento	B 500 SD, Ys=1.15 (kg)	Hormigón (m³)	
	Ø12	HA-30, Yc=1.5	Limpieza
Referencias: N1, N3, N83 y N81	4x62.17	4x2.31	4x0.46
Referencias: N92, N94, N89 y N87	4x89.80	4x3.04	4x0.51
Referencias: N91 y N86	2x126.46	2x4.21	2x0.70
Referencias: N8, N13, N18, N23, N28, N33, N38, N43, N48, N53, N58, N63, N68, N73 y N78	15x142.38	15x4.16	15x0.59
Referencias: N76, N71, N66, N61, N56, N51, N46, N41, N36, N31, N26, N21, N16, N11 y N6	15x136.86	15x4.05	15x0.58
Totales	5049.40	152.99	22.87

5.2 Vigas

El complejo deportivo dispone de dos tipos de vigas de atado para unir las diferentes tipos de zapatas que tenemos,las vigas son las correspondientes a la fachada frontales y las laterales.

Referencias	Geometría	Armado
C [N3-N8], C [N8-N13], C [N13-N18], C [N18-N23], C [N23-N28], C [N28-N33], C [N33-N38], C [N38-N43], C [N43-N48], C [N48-N53], C [N53-N58], C [N58-N63], C [N63-N68], C [N68-N73], C [N73-N78], C [N78-N83], C [N81-N76], C [N76-N71], C [N71-N66], C [N66-N61], C [N61-N56], C [N56-N51], C [N51-N46], C [N46-N41], C [N41-N36], C [N36-N31], C [N31-N26], C [N26-N21], C [N21-N16], C [N16-N11], C [N11-N6] y C [N6-N1]	Ancho: 40.0 cm Canto: 40.0 cm	Superior: 2Ø12 Inferior: 2Ø12 Estribos: 1xØ8c/30
C [N83-N89], C [N89-N86], C [N86-N87], C [N87-N81], C [N1-N92], C [N92-N91], C [N91-N94] y C [N94-N3]	Ancho: 40.0 cm Canto: 40.0 cm	Superior: 2Ø12 Inferior: 2Ø12 Estribos: 1xØ8c/30

5.2.1 Medición

Referencias: C [N3-N8], C [N8-N13], C [N13-N18], C [N18-N23], C [N23-N28], C [N28-N33], C [N33-N38], C [N38-N43], C [N43-N48], C [N48-N53], C [N53-N58], C [N58-N63], C [N63-N68], C [N68-N73], C [N73-N78], C [N78-N83], C [N81-N76], C [N76-N71], C [N71-N66], C [N66-N61], C [N61-N56], C [N56-N51], C [N51-N46], C [N46-N41], C [N41-N36], C [N36-N31], C [N31-N26], C [N26-N21], C [N21-N16], C [N16-N11], C [N11-N6] y C [N6-N1]		B 500 SD, Ys=1.15		Total
Nombre de armado		Ø8	Ø12	
Armado viga - Armado inferior	Longitud (m) Peso (kg)		2x5.30 2x4.71	10.60 9.41
Armado viga - Armado superior	Longitud (m) Peso (kg)		2x5.30 2x4.71	10.60 9.41
Armado viga - Estribo	Longitud (m) Peso (kg)	12x1.33 12x0.52		15.96 6.30
Totales	Longitud (m) Peso (kg)	15.96 6.30	21.20 18.82	25.12
Total con mermas (10.00%)	Longitud (m) Peso (kg)	17.56 6.93	23.32 20.70	27.63

Referencias: C [N83-N89], C [N89-N86], C [N86-N87], C [N87-N81], C [N1-N92], C [N92-N91], C [N91-N94] y C [N94-N3]		B 500 SD, Ys=1.15		Total
Nombre de armado		Ø8	Ø12	
Armado viga - Armado inferior	Longitud (m) Peso (kg)		2x7.30 2x6.48	14.60 12.96
Armado viga - Armado superior	Longitud (m) Peso (kg)		2x7.30 2x6.48	14.60 12.96
Armado viga - Estribo	Longitud (m) Peso (kg)	17x1.33 17x0.52		22.61 8.92
Totales	Longitud (m) Peso (kg)	22.618.92	29.2025.92	34.84
Total con mermas (10.00%)	Longitud (m) Peso (kg)	24.879.81	32.1228.51	38.32

Resumen de medición (se incluyen mermas de acero)

Elemento	B 500 SD, Ys=1.15 (kg)			Hormigón (m³)	
	Ø8	Ø12	Total	HA-30, Yc=1.5	Limpieza
Referencias: C [N3-N8], C [N8-N13], C [N13-N18], C [N18-N23], C [N23-N28], C [N28-N33], C [N33-N38], C [N38-N43], C [N43-N48], C [N48-N53], C [N53-N58], C [N58-N63], C [N63-N68], C [N68-N73], C [N73-N78], C [N78-N83], C [N81-N76], C [N76-N71], C [N71-N66], C [N66-N61], C [N61-N56], C [N56-N51], C [N51-N46], C [N46-N41], C [N41-N36], C [N36-N31], C [N31-N26], C [N26-N21], C [N21-N16], C [N16-N11], C [N11-N6] y C [N6-N1]	32x6.93	32x20.70	884.16	32x0.49	32x0.12
Referencias: C [N83-N89], C [N89-N86], C [N86-N87], C [N87-N81], C [N1-N92], C [N92-N91], C [N91-N94] y C [N94-N3]	8x9.81	8x28.51	306.56	8x0.77	8x0.19
Totales	300.24	890.48	1190.72	21.89	5.47

PRESUPUESTO

Nº Orden	Descripción de las unidades de obra	Uds.	Longitud	Latitud	Altura	Subtotal	Medición	Precio	Importe

01 Movimiento de tierras

01.01 m2 Despeje y desbroce de terreno

ECAD.1b

Desbroce y limpieza del terreno con medios mecánicos, según NTE/ADE-1.

MOOA12a	h	Peón ordinario construcción	51,96	17,11	883,32
MMMR.2dc	h	Pala crgra de oruga 128cv 1,5m3	20,78	84,41	1.766,64
%		Costes Directos Complementarios	103,92	0,51	51,96

Clase: Mano de Obra	883,32
Clase: Maquinaria	1.766,64
Clase: Medio auxiliar	51,96

Total partida 01.01 ..... 5.196,00 ..... 0,52 ..... 2.701,92

01.02 m3 Transporte tierra 10km c/pala cmn 12t

ECAT.1dbc

Transporte de tierras de densidad media 1.50 t/m3, con camión volquete de carga máxima 12 t y velocidad media de 45 km/h, a una distancia de 10 km, considerando tiempos de ida, descarga y vuelta, incluso carga mecánica con retroexcavadora y tiempo de espera del camión.

MMMT.5bbb	h	Cmn de transp 12T 10m3 3ejes	20,90	42,29	883,50
MMMR.1bb	h	Pala crgra de neum 102cv 1,7m3	4,75	44,61	211,38
%		Costes Directos Complementarios	4,75	4,61	21,38

Clase: Maquinaria	1.094,88
Clase: Medio auxiliar	21,38

Total partida 01.02 ..... 237,50 ..... 4,70 ..... 1.116,25

01.03 m3 Relleno extendido zahorra mtnv

ECAR.6cc

Relleno y extendido de zahorras con medios mecánicos, motoniveladora, incluso compactación, con rodillo autopropulsado, en capas de 25cm de espesor máximo, con grado de compactación 95% del Proctor modificado, según NTE/ADZ-12.

MOOA12a	h	Peón ordinario construcción	15,60	17,11	265,20
PBRT.1cc	t	Zahorra montera artificial 20km	1.653,60	10,48	17.331,60
MMMC.6c	h	Motoniveladora 140 CV	15,60	63,49	990,60
MMMC.1b	h	Rodll autpro 10 T	15,60	49,41	772,20
MMMR.1de	h	Pala crgra de neum 179cv 3,2m3	15,60	55,76	873,60
MMMT.4b	h	Camión cuba 10000l	15,60	51,59	803,40
%		Costes Directos Complementarios	23,40	26,97	631,80

Clase: Mano de Obra	265,20
Clase: Maquinaria	3.439,80
Clase: Material	17.331,60
Clase: Medio auxiliar	631,80

Total partida 01.03 ..... 780,00 ..... 27,78 ..... 21.668,40

01.04 m3 Excv pozo medios retro

ECAE.8cc

Excavación para formación de pozos, en terrenos medios, con medios mecánicos, retroexcavadora, incluso ayuda manual en las zonas de dificil acceso, limpieza y extración de restos a los bordes, sin incluir carga sobre transporte, según NTE/ADZ-4.

MOOA12a	h	Peón ordinario construcción	34,20	17,11	585,20
MMME.1baa	h	Retro de neum c/palafrtl 0,34m3	34,20	50,70	1.734,70
%		Costes Directos Complementarios	5,70	12,21	70,30

Clase: Mano de Obra	585,20
Clase: Maquinaria	1.734,70
Clase: Medio auxiliar	70,30

Total partida 01.04 ..... 190,00 ..... 12,58 ..... 2.390,20

Nº Orden	Descripción de las unidades de obra	Uds.	Longitud	Latitud	Altura	Subtotal	Medición	Precio	Importe

Total capítulo 01 ..... 27.876,77

Nº Orden	Descripción de las unidades de obra	Uds.	Longitud	Latitud	Altura	Subtotal	Medición	Precio	Importe

02 Cimentación

02.01 kg Acero corrugado zapatas y riostras

ECDZ.4bb Acero corrugado B 500 S soldable, de diámetro 8 mm., montado, incluso cortes, ferrallado y despuntes.

MOOB.7a	Oficial montador ferralla	37,44	20,00	748,80
MOOB12a	Peón ordinario ferralla	37,44	16,38	624,00
PEAA.3bb kg	Acero corru B 500 S elaborado taller	6.240,00	0,90	5.616,00
PBUW.5a	Alambre reco n.13ø2.0mm mazos 5kg	124,80	3,03	374,40
%	Costes Directos Complementarios	124,80	1,18	124,80

Clase: Mano de Obra	1.372,80
Clase: Material	5.990,40
Clase: Medio auxiliar	124,80

Total partida 02.01 ..... 6.240,00 ..... 1,20 ..... 7.488,00

02.02 m2 HL 150 limpieza e=10 cm (vertido directo camión)

ECDZ.2babb Capa de hormigón de limpieza HM 15/P/20/IIa preparado, de consistencia plástica, tamaño máximo del árido 20 mm. y 10 cm. de espesor, en la base de la cimentación, transportado y puesto en obra, según EHE.

MOOA.8a h	Oficial 1ª construcción	127,35	18,88	2.405,50
MOOA11a h	Peón especializado construcción	254,70	17,29	4.403,48
PBPC.1dba m3	HL 150 plástica tamaño máximo 20	311,30	62,10	19.331,73
%	Costes Directos Complementarios	5,66	92,37	523,55

Clase: Mano de Obra	6.808,98
Clase: Material	19.331,73
Clase: Medio auxiliar	523,55

Total partida 02.02 ..... 283,00 ..... 94,22 ..... 26.664,26

02.03 m3 HA 30 znj-zap-rios blanda 20

ECDZ.3bbbc Hormigón HA 30/B/20/IIa preparado HA 30 en cimentaciones de zanjas, zapatas y riostras, de consistencia blanda y tamaño máximo del árido 20 mm., transportado y puesto en obra según EHE.

MOOA.8a h	Oficial 1ª construcción	122,50	18,88	2.313,50
MOOA11a h	Peón especializado construcción	183,75	17,29	3.176,25
PBPC.3bbbc m3	H 30 blanda TM 20 IIa+Qb.	201,25	113,08	22.757,00
MMMH.5c h	Vibrador gasolina aguja ø30-50mm	52,50	1,42	75,25
%	Costes Directos Complementarios	3,50	161,84	567,00

Clase: Mano de Obra	5.489,75
Clase: Maquinaria	75,25
Clase: Material	22.757,00
Clase: Medio auxiliar	567,00

Total partida 02.03 ..... 175,00 ... 165,08 ..... 28.889,00

Total capítulo 02 ..... 63.041,26

Nº Orden	Descripción de las unidades de obra	Uds.	Longitud	Latitud	Altura	Subtotal	Medición	Precio	Importe

03 Estructura

03.01 Suministro y montaje acero S275JR sold IPN

EEAV.1abaa

MOOM.8a	h	Oficial 1ª metal	50,10	18,91	951,90
MOOM11a	h	Especialista metal	50,10	18,18	901,80
PEAP61abaa		Perfil IPN acero S275JR	2.630,25	0,80	2.104,20
PEAW.7a		Repercusión soldadura kg/est	2.505,00	0,05	125,25
%		Costes Directos Complementarios	50,10	1,63	75,15

Clase: Mano de Obra	1.853,70
Clase: Material	2.229,45
Clase: Medio auxiliar	75,15

Total partida 03.01 ..... 2.505,00 ..... 1,66 ..... 4.158,30

03.02 Suministro y montaje acero S275 sold L

EEAV.1ibaa

MOOM.8a	h	Oficial 1ª metal	27,74	18,91	527,06
MOOM11a	h	Especialista metal	27,74	18,18	499,32
PEAP61ibaa		Perfil L (lados iguales) acero S275JR	1.456,35	1,03	1.497,96
PEAW.7a		Repercusión soldadura kg/est	1.387,00	0,05	69,35
%		Costes Directos Complementarios	27,74	1,87	55,48

Clase: Mano de Obra	1.026,38
Clase: Material	1.567,31
Clase: Medio auxiliar	55,48

Total partida 03.02 ..... 1.387,00 ..... 1,91 ..... 2.649,17

03.03 Suministro y montaje acero conformado tubular, circular

EEAV.2caa

MOOM.8a	h	Oficial 1ª metal	43,90	18,91	834,10
MOOM11a	h	Especialista metal	43,90	18,18	790,20
PEAP12a		Acero perfiles huecos S275JR redondo	2.304,75	1,05	2.414,50
PEAW.7a		Repercusión soldadura kg/est	2.195,00	0,05	109,75
%		Costes Directos Complementarios	43,90	1,89	87,80

Clase: Mano de Obra	1.624,30
Clase: Material	2.524,25
Clase: Medio auxiliar	87,80

Total partida 03.03 ..... 2.195,00 ..... 1,93 ..... 4.236,35

03.04 Suministro y montaje correas S235JR

EEAE.3aabcab

MOOM.8a	h	Oficial 1ª metal	380,61	18,91	7.150,83
MOOM11a	h	Especialista metal	380,61	18,18	6.920,16
PEAP60aabca		Acero S235JR pfl secc abt conf frío	12.110,28	1,33	16.147,04
PEAW.7a		Repercusión soldadura kg/est	11.533,60	0,05	576,68
%		Costes Directos Complementarios	230,67	2,67	576,68

Clase: Mano de Obra	14.070,99
Clase: Material	16.723,72
Clase: Medio auxiliar	576,68

Total partida 03.04 ..... 11.533,60 ..... 2,72 ..... 31.371,39

Nº Orden	Descripción de las unidades de obra	Uds.	Longitud	Latitud	Altura	Subtotal	Medición	Precio	Importe

03.05 Suministro y montaje Placas Anclaje

EEAS.4aabaab

MOOM.8a	h	Oficial 1ª metal	51,14	18,91	971,66
MOOM11a	h	Especialista metal	51,14	18,18	920,52
PEAA.3ch		Acero corrugado B500s valor medio	669,93	0,60	409,12
PEAC16ba		Acero S275JR en chapa valor medio	2.557,00	1,43	3.656,51
PEAW.7a		Repercusión soldadura kg/est	15.807,37	0,05	792,67
%		Costes Directos Complementarios	51,14	2,64	127,85

Clase: Mano de Obra 1.892,18
Clase: Material 4.858,30
Clase: Medio auxiliar 127,85

Total partida 03.05 ..... 2.557,00 ..... 2,69 ..... 6.878,33

03.06 Suministro y montaje S275JR sold IPE

EEAV.1bbaa

MOOM.8a	h	Oficial 1ª metal	1.159,42	18,91	22.028,98
MOOM11a	h	Especialista metal	1.159,42	18,18	20.869,56
PEAP61bbaa		PERFIL IPE acero S275JR	60.869,55	0,80	48.695,64
PEAW.7a		Repercusión soldadura kg/est	57.971,00	0,05	2.898,55
%		Costes Directos Complementarios	1.159,42	1,63	1.739,13

Clase: Mano de Obra 42.898,54
Clase: Material 51.594,19
Clase: Medio auxiliar 1.739,13

Total partida 03.06 ..... 57.971,00 ..... 1,66 ..... 96.231,86

Total capítulo 03 ..... 145.525,40

Nº Orden	Descripción de las unidades de obra	Uds.	Longitud	Latitud	Altura	Subtotal	Medición	Precio	Importe

04 Elementos constructivos

04.01 Fachadas frontales

04.01.01 u Marquesina met c/vuelo 2.50m

SPCR.3aa

Marquesina de protección con un vuelo de 2.50m, formada por módulos metálicos separados 2m, compuestos por soporte mordaza, plataforma y plinto de planchas metálicas, según R.D. 486/97.

MOOA.8a	h	Oficial 1ª construcción	4,80	18,88	90,56
MOOA11a	h	Peón especializado construcción	4,80	17,29	83,04
MPCR.9a	u	Brazo marquesina	0,80	78,50	62,88
MPCR.7a	u	Soporte mordaza	0,19	96,01	18,40
PEAC.7j	m2	Chapa acero galv e/3.0mm	4,00	43,08	172,32
%		Costes Directos Complementarios	0,32	26,70	8,48

Clase: Mano de Obra	173,60
Clase: Maquinaria	81,28
Clase: Material	172,32
Clase: Medio auxiliar	8,48

Total partida 04.01.01 .....16,00 ..... 27,23 435,68

04.01.02 u Prta calle 2hj ab 200x220cm

PFTP82ec

Puerta de acceso calle, de dos hojas abatibles de eje vertical, de 200x220cm, de perfiles de PVC con refuerzos interiores de acero galvanizado, incluso cerradura de seguridad, herrajes y accesorios.

Total partida 04.01.02 .....4,00 1.181,54 ..... 4.726,16

04.01.03 m2 Panel sandw 0.6Al/0.6Al e=40mm

EFIL.2bbc

Cerramiento de fachada con panel sandwich aislante, fabricado en continuo formado por dos paramentos metálicos de chapa lisa, ambas chapas de aluminio de 0.60mm, alma aislante de poliuretano, de conductividad térmica 0.026 W/(m^{o}K), espesor de panel 40mm y ancho de panel 1000mm, con sistema de fijación mediante grapa de agarre y diseño de la junta que oculta las fijaciones, colores blanco, crema, gris, rojo, cobre, azul, verde y madera, Incluso replanteo, mermas, cubrejuntas, accesorios de fijación y estanqueidad.

MOOM.8a	h	Oficial 1ª metal	8,57	18,91	161,98
MOOM11a	h	Especialista metal	8,57	18,18	155,86
PFPE.2bbc	m2	Panel sandw 0.6Al/0.6Al e=40mm	40,80	58,36	2.381,09
PBUT12e	u	Tornillo autr6.5x130a inx c/aran	326,40	0,87	283,97
PBUJ.1b	m	Junta estnq pfl trapecial plas	81,60	1,70	138,72
%		Costes Directos Complementarios	1,22	76,51	93,84

Clase: Mano de Obra	317,83
Clase: Material	2.803,78
Clase: Medio auxiliar	93,84

Total partida 04.01.03 .....40,80 ..... 78,81 ..... 3.215,45

04.01.04 m2 Db acris seg 6-9-44,1 col

EFAD.4bbbb

Doble acristalamiento de seguridad, formado por un vidrio monolítico incoloro transparente de 6mm de espesor, cámara de aire deshidratado de 9mm con perfil separador de aluminio sellada perimetralmente y un vidrio laminado compuesto por dos vidrios de 4 mm de espesor unidos mediante una lámina de butiral de polivinilo de color, fijado sobre carpinteria con acuñado mediante calzos de apoyo perimetrales y laterales, incluso sellado en frío con silicona y colocación de junquillos.

MOOV.8a	h	Oficial 1ª vidrio	179,40	13,31	2.388,36
PFAD.4bbbb	m2	Acris db seg 6-9-44,1 col	156,00	65,00	10.140,00
PFAW.1a	m2	Repercusión sellado silicona	156,00	3,00	468,00
%		Costes Directos Complementarios	4,68	83,31	390,00

Clase: Mano de Obra	2.388,36
Clase: Material	10.608,00
Clase: Medio auxiliar	390,00

Nº Orden	Descripción de las unidades de obra	Uds.	Longitud	Latitud	Altura	Subtotal	Medición	Precio	Importe

Total partida 04.01.04 ..... 156,00 ..... 85,81 ..... 13.386,36

04.01.05 m2 Cerr pnl pref H e16cm gri

EFIP.1cb Cerramiento formado por paneles prefabricados lisos de hormigón armado de 16cm de espesor, un ancho estándar de 2.50m, longitud máxima 11, con acabado en gris y juntas machihembradas que facilitan la unión entre paneles y su sellado, totalmente montado.

MOOA.8a	h	Oficial 1ª construcción	46,80	18,88	882,96
MOOA10a	h	Ayudante construcción	46,80	18,57	868,92
MOOA12a	h	Peón ordinario construcción	24,96	17,11	427,44
PFPH.1cb	m2	Pnl pref H e16cm gri	156,00	53,60	8.361,60
MMMG.5d	me	Grúa móvil s/plat 50T	37,44	209,87	7.857,72
MMET.1aa	u	Puntal met 3.00m	156,00	12,98	2.024,88
PBUL.1e	kg	Masilla en frío de asf+caucho	187,20	1,84	344,76
%		Costes Directos Complementarios	3,12	133,13	414,96

Clase: Mano de Obra 2.179,32
Clase: Maquinaria 9.882,60
Clase: Material 8.706,36
Clase: Medio auxiliar 414,96

Total partida 04.01.05 ..... 156,00 ... 135,79 ..... 21.183,24

Total capítulo 04.01 ..... 42.946,89

04.02 Fachadas laterales

04.02.01 u Ventana desl 2hj 100x120cm

PFTP61ac Ventana, sistema deslizante, de dos hojas deslizantes, de 100x120cm, de perfiles de PVC con refuerzos interiores de acero galvanizado, incluso herrajes y accesorios.

Total partida 04.02.01 .....10,00 ... 253,19 ..... 2.531,90

04.02.02 u Prta calle 1hj ab 100x220cm

PFTP74bc Puerta de acceso calle, de una hoja abatible de eje vertical, de 100x220cm, de perfiles de PVC con refuerzos interiores de acero galvanizado, incluso cerradura de seguridad, herrajes y accesorios.

Total partida 04.02.02 .....1,00 ... 616,32 616,32

04.02.03 u Prta calle 2hj ab 200x220cm

PFTP82ec Puerta de acceso calle, de dos hojas abatibles de eje vertical, de 200x220cm, de perfiles de PVC con refuerzos interiores de acero galvanizado, incluso cerradura de seguridad, herrajes y accesorios.

Total partida 04.02.03 .....2,00 1.181,54 ..... 2.363,08

04.02.04 m2 Db acris seg 6-9-44,1 col

EFAD.4bbbb Doble acristalamiento de seguridad, formado por un vidrio monolítico incoloro transparente de 6mm de espesor, cámara de aire deshidratado de 9mm con perfil separador de aluminio sellada perimetralmente y un vidrio laminado compuesto por dos vidrios de 4 mm de espesor unidos mediante una lámina de butiral de polivinilo de color, fijado sobre carpinteria con acuñado mediante calzos de apoyo perimetrales y laterales, incluso sellado en frío con silicona y colocación de junquillos.

MOOV.8a	h	Oficial 1ª vidrio	80,50	13,31	1.071,70
PFAD.4bbbb	m2	Acris db seg 6-9-44,1 col	70,00	65,00	4.550,00
PFAW.1a	m2	Repercusión sellado silicona	70,00	3,00	210,00
%		Costes Directos Complementarios	2,10	83,31	175,00

Clase: Mano de Obra 1.071,70
Clase: Material 4.760,00
Clase: Medio auxiliar 175,00

Nº Orden	Descripción de las unidades de obra	Uds.	Longitud	Latitud	Altura	Subtotal	Medición	Precio	Importe

Total partida 04.02.04 .....70,00 ..... 85,81 ..... 6.006,70

04.02.05 m2 Cerr pnl pref H e16cm gri

EFIP.1cb

Cerramiento formado por paneles prefabricados lisos de hormigón armado de 16cm de espesor, un ancho estándar de 2.50m, longitud máxima 11, con acabado en gris y juntas machihembradas que facilitan la unión entre paneles y su sellado, totalmente montado.

MOOA.8a	h	Oficial 1ª construcción	291,84	18,88	5.506,05
MOOA10a	h	Ayudante construcción	291,84	18,57	5.418,50
MOOA12a	h	Peón ordinario construcción	155,65	17,11	2.665,47
PFPH.1cb	m2	Pnl pref H e16cm gri	972,80	53,60	52.142,08
MMMG.5d	me	Grúa móvil s/plat 50T	233,47	209,87	48.999,94
MMET.1aa	u	Puntal met 3.00m	972,80	12,98	12.626,94
PBUL.1e	kg	Masilla en frío de asf+caucho	1.167,36	1,84	2.149,89
%		Costes Directos Complementarios	19,46	133,13	2.587,65

Clase: Mano de Obra 13.590,02
Clase: Maquinaria 61.626,88
Clase: Material 54.291,97
Clase: Medio auxiliar 2.587,65

Total partida 04.02.05 ..... 972,80 ... 135,79 ... 132.096,51

04.02.06 m2 Db acris pers ori 4-25-4

EFAD10aaa

Doble acristalamiento formado por un vidrio monolítico incoloro de 4mm de espesor, una persiana orientable de lamas de aluminio de 16mm de ancho en el interior de una cámara de aire deshidratado de 25mm con perfil separador de aluminio sellada perimetralmente y un vidrio monolítico incoloro de 4mm de espesor, fijado sobre carpinteria con acuñado mediante calzos de apoyo perimetrales y laterales, incluso sellado en frío con silicona y colocación de junquillos.

MOOV.8a	h	Oficial 1ª vidrio	57,50	13,31	765,50
PFAD10aaa	m2	Acris db pers ori 4-25-4	50,30	109,20	5.493,00
PFAW.1a	m2	Repercusión sellado silicona	50,00	3,00	150,00
%		Costes Directos Complementarios	1,50	128,17	192,50

Clase: Mano de Obra 765,50
Clase: Material 5.643,00
Clase: Medio auxiliar 192,50

Total partida 04.02.06 .....50,00 ... 132,02 ..... 6.601,00

Total capítulo 04.02 ..... 150.215,51

04.03 Cubierta

04.03.01 m2 Panel sandw 0.6Al/0.6Al e=40mm

EFIL.2bbc

Cerramiento de fachada con panel sandwich aislante, fabricado en continuo formado por dos paramentos metálicos de chapa lisa, ambas chapas de aluminio de 0.60mm, alma aislante de poliuretano, de conductividad térmica 0.026 W/(m^{o}K), espesor de panel 40mm y ancho de panel 1000mm, con sistema de fijación mediante grapa de agarre y diseño de la junta que oculta las fijaciones, colores blanco, crema, gris, rojo, cobre, azul, verde y madera, Incluso replanteo, mermas, cubrejuntas, accesorios de fijación y estanqueidad.

MOOM.8a	h	Oficial 1ª metal	420,00	18,91	7.940,00
MOOM11a	h	Especialista metal	420,00	18,18	7.640,00
PFPE.2bbc	m2	Panel sandw 0.6Al/0.6Al e=40mm	2.000,00	58,36	116.720,00
PBUT12e	u	Tornillo autr6.5x130a inx c/aran	16.000,00	0,87	13.920,00
PBUJ.1b	m	Junta estnq pfl trapecial plas	4.000,00	1,70	6.800,00
%		Costes Directos Complementarios	60,00	76,51	4.600,00

Clase: Mano de Obra 15.580,00
Clase: Material 137.440,00
Clase: Medio auxiliar 4.600,00

Superficie panel tipo sandwich (m2) 2.000 2.000,00

Total partida 04.03.01 ..... 2.000,00 ..... 78,81 ... 157.620,00

Nº Orden	Descripción de las unidades de obra	Uds.	Longitud	Latitud	Altura	Subtotal	Medición	Precio	Importe

04.03.02 m2 Cobertura pl polie refz 0.9mm

EQLW.1b Cobertura con placas de poliéster reforzado con fibra de vidrio, para formación de lucernarios en tejados de chapas de acero de 0.9mm de espesor, incluso parte proporcional de solapes y accesorios de fijación, seguridad y estanqueidad.

MOOA.8a	h	Oficial 1ª construcción	26,40	18,88	499,20
MOOA11a	h	Peón especializado construcción	26,40	17,29	456,00
PFPL.7b	m2	Placa trasl polie fi-v e/0.9	252,00	9,91	2.498,40
PBUT12a	u	Tornillo autr6.5x38 a inx c/aran	360,00	0,30	108,00
%		Costes Directos Complementarios	4,80	14,84	72,00

Clase: Mano de Obra	955,20
Clase: Material	2.606,40
Clase: Medio auxiliar	72,00

Superficie lucernarios (m2) 240 240,00

Total partida 04.03.02 ..... 240,00 ..... 15,14 ..... 3.633,60

Total capítulo 04.03 ..... 161.253,60

04.04 Solera

04.04.01 m2 Solera HA 25 e15 arm 10kg/m2

ECSS.7b Solera recibida con hormigón HA 25/B/40/IIa de consistencia blanda y tamaño máximo del árido de 40mm, con un espesor de 15cm, reforzada con una cuantía de 10 kg/m2 de acero corrugado B 500 S, elaborado, transportado, vertido y puesto en obra, medido el volumen a excavación teórica llena. Incluso encachado de zahorra de 15cm de espesor y corte de capilaridad con lámina de plástico impermeable reforzado.

MOOA.8a	h	Oficial 1ª construcción	2.078,40	18,88	39.229,80
MOOA11a	h	Peón especializado construcción	2.078,40	17,29	35.956,32
PBPC.1dbb	m3	H 25 blanda tamaño máximo 20	779,40	92,90	72.432,24
PBRT.1ca	t	Zahorra montera artificial	1.247,04	3,86	4.832,28
PEAA.3aa	kg	Acero corru B 500 S ø6	51.960,00	0,65	33.774,00
PNIS.2b		Lámina PE e=0,10mm	5.715,60	0,11	623,52
%		Costes Directos Complementarios	103,92	35,96	3.741,12

Clase: Mano de Obra	75.186,12
Clase: Material	111.662,04
Clase: Medio auxiliar	3.741,12

Total partida 04.04.01 ..... 5.196,00 ..... 36,68 ... 190.589,28

04.04.02 m2 Trat s endurecedor epoxi pavimentos H

ERSC.2a Tratamiento superficial endurecedor de pavimento continuo de hormigón, con pintura de protección epoxi dispersada en agua, colores gris, rojo, verde o blanco, aplicada en capas sucesivas hasta alcanzar un espesor máximo de 0.25mm, previo rascado de la lechada superficial mediante cepillos metálicos y limpieza de la superficie, según NTE/RSC-6.

MOOA.8a	h	Oficial 1ª construcción	896,00	18,88	16.912,00
MOOA12a	h	Peón ordinario construcción	896,00	17,11	15.321,60
PRCP36a	l	Pintura epoxi suelos alta r	2.240,00	18,01	40.342,40
%		Costes Directos Complementarios	44,80	32,40	1.456,00

Clase: Mano de Obra	32.233,60
Clase: Material	40.342,40
Clase: Medio auxiliar	1.456,00

Total partida 04.04.02 ..... 2.240,00 ..... 33,05 ..... 74.032,00

Total capítulo 04.04 ..... 264.621,28

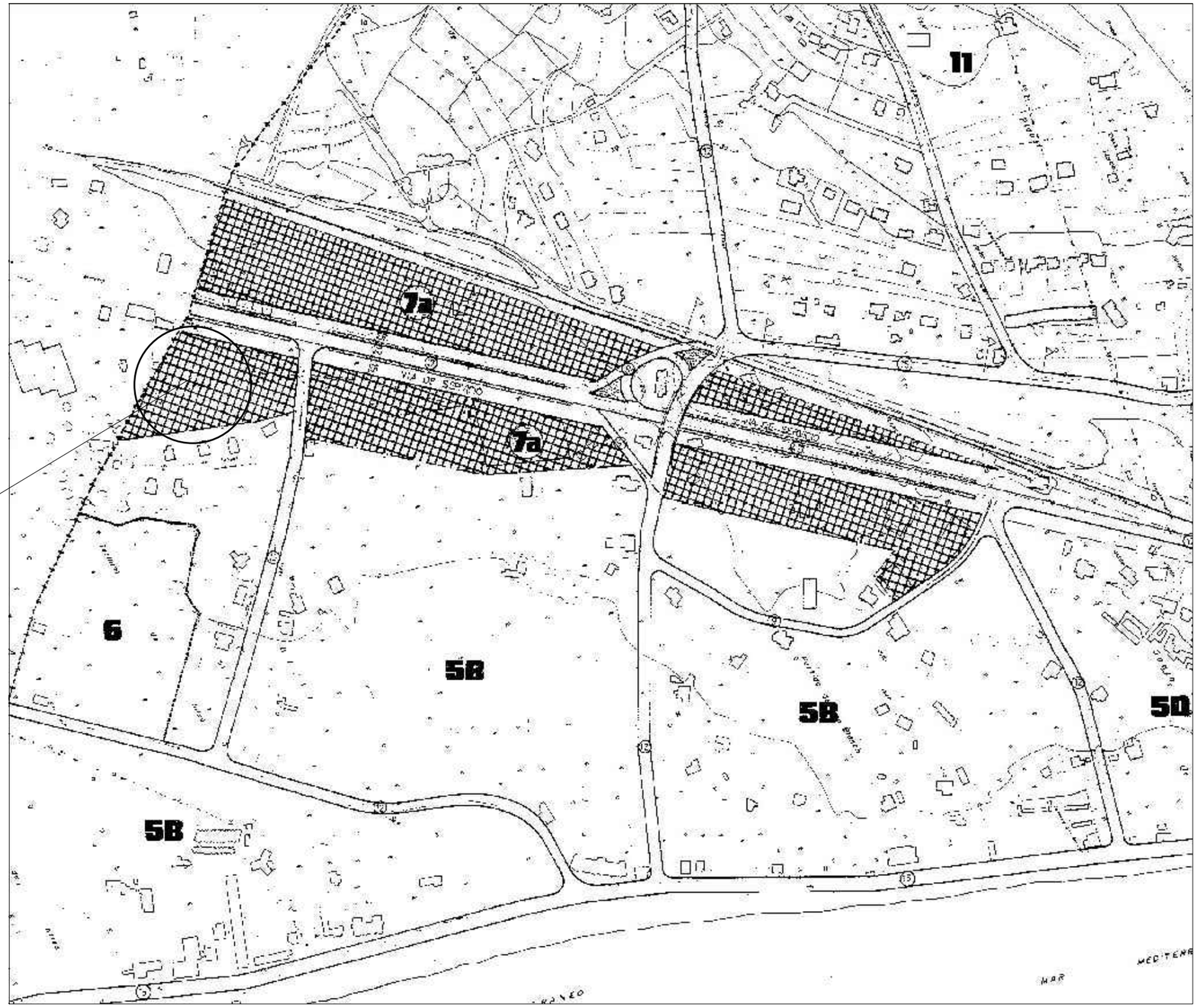
Total capítulo 04.04 ..... 619.037,28

Total presupuesto 855.480,71

PLANOS

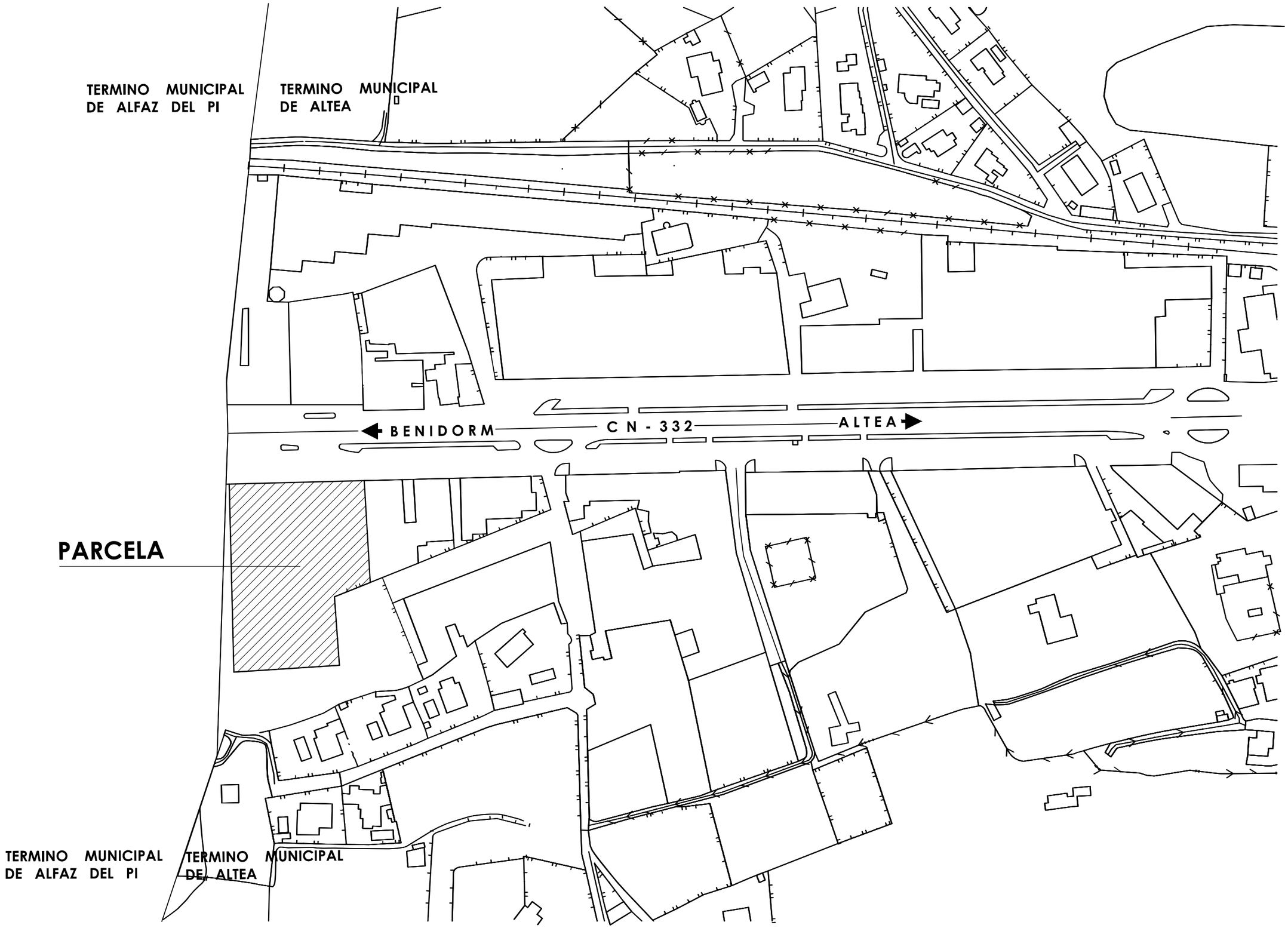
TRABAJO FINAL DE GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR INGENIEROS INDUSTRIALES VALENCIA	Proyecto: PROYECTO ESTRUCTURAL DE EDIFICIO INDUSTRIAL DE 2240 m² SITUADO EN ALTEA Autor: Antonio Oliver Sánchez	Plano: LOCALIZACIÓN	Fecha: Julio 2014 Escala: S/E	Nº Plano: 1

PLANO Nº 7 -2 DEL PLAN GENERAL DE ORDENACION URBANA DE ALTEA

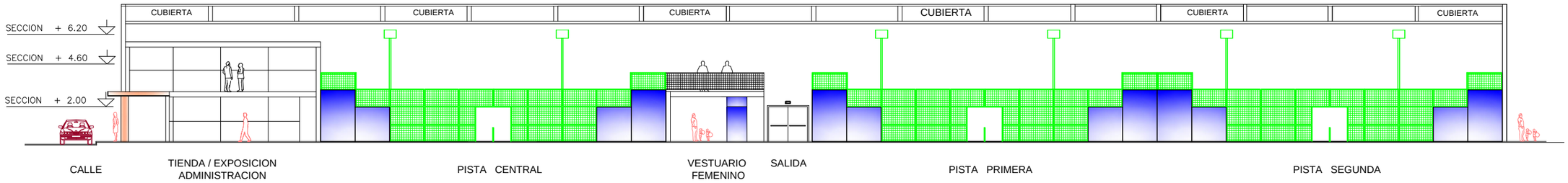


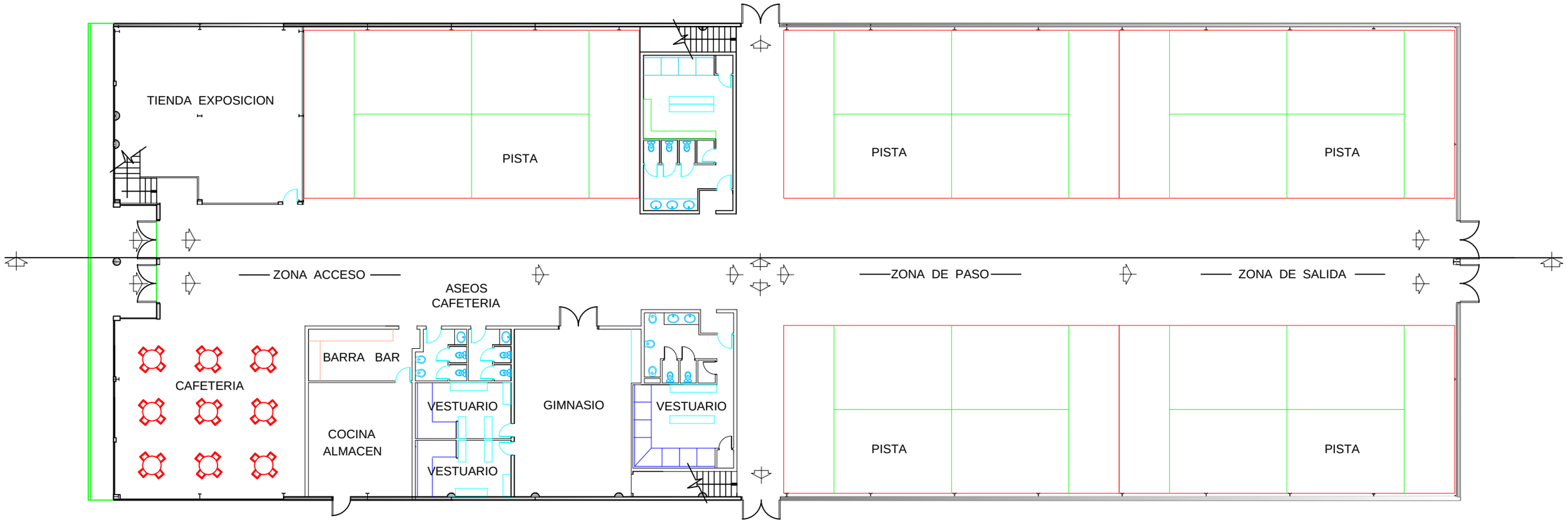
SITUACION EN POLIGONO INDUSTRIAL

TRABAJO FINAL DE GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR INGENIEROS INDUSTRIALES VALENCIA	Proyecto: PROYECTO ESTRUCTURAL DE EDIFICIO INDUSTRIAL DE 2240 m² SITUADO EN ALTEA Autor: Antonio Oliver Sánchez	Plano: SITUACIÓN	Fecha: Julio 2014 Escala: S/E	Nº Plano: 2

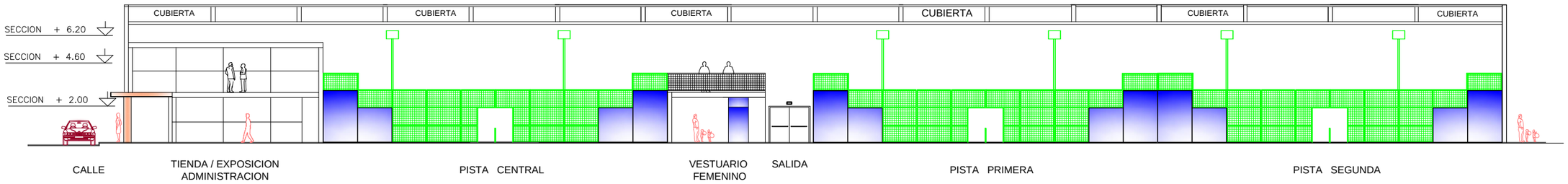


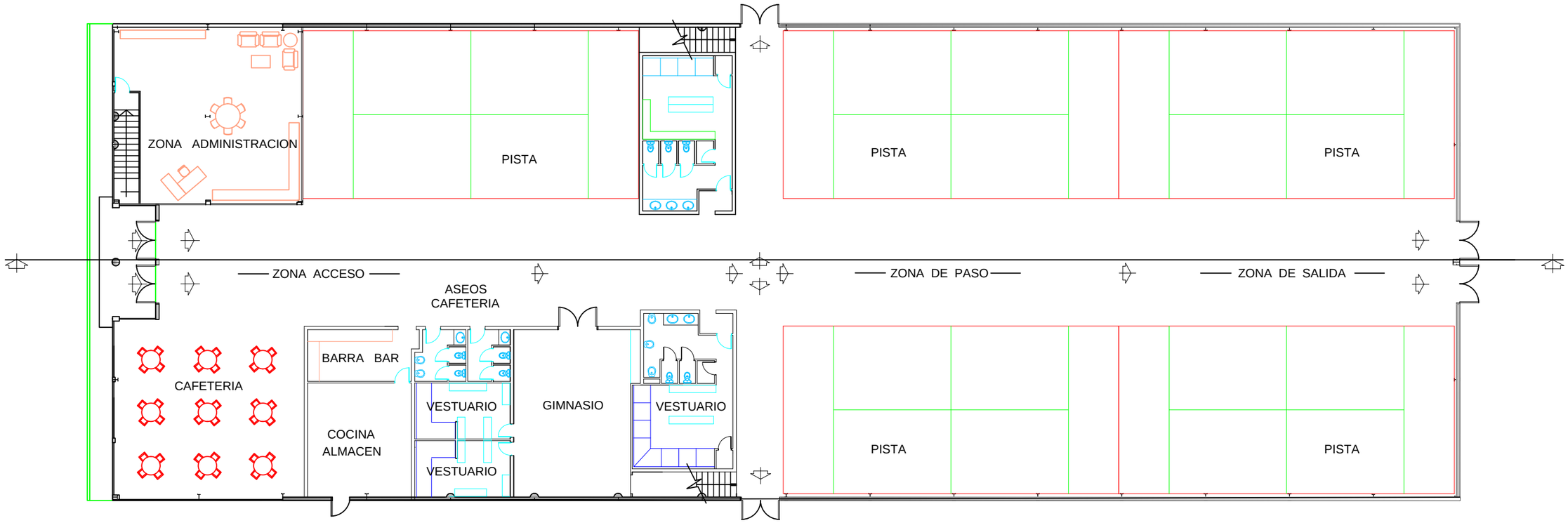
TRABAJO FINAL DE GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR INGENIEROS INDUSTRIALES VALENCIA	Proyecto: PROYECTO ESTRUCTURAL DE EDIFICIO INDUSTRIAL DE 2240 m² SITUADO EN ALTEA Autor: Antonio Oliver Sánchez	Plano: EMPLAZAMIENTO	Fecha: Julio 2014 Escala: S/E	Nº Plano: 3



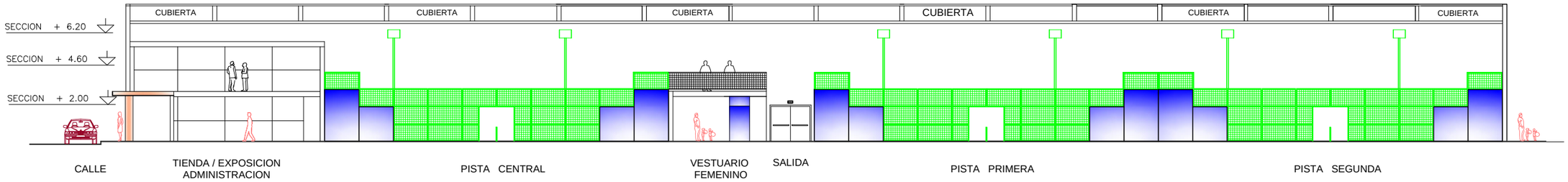


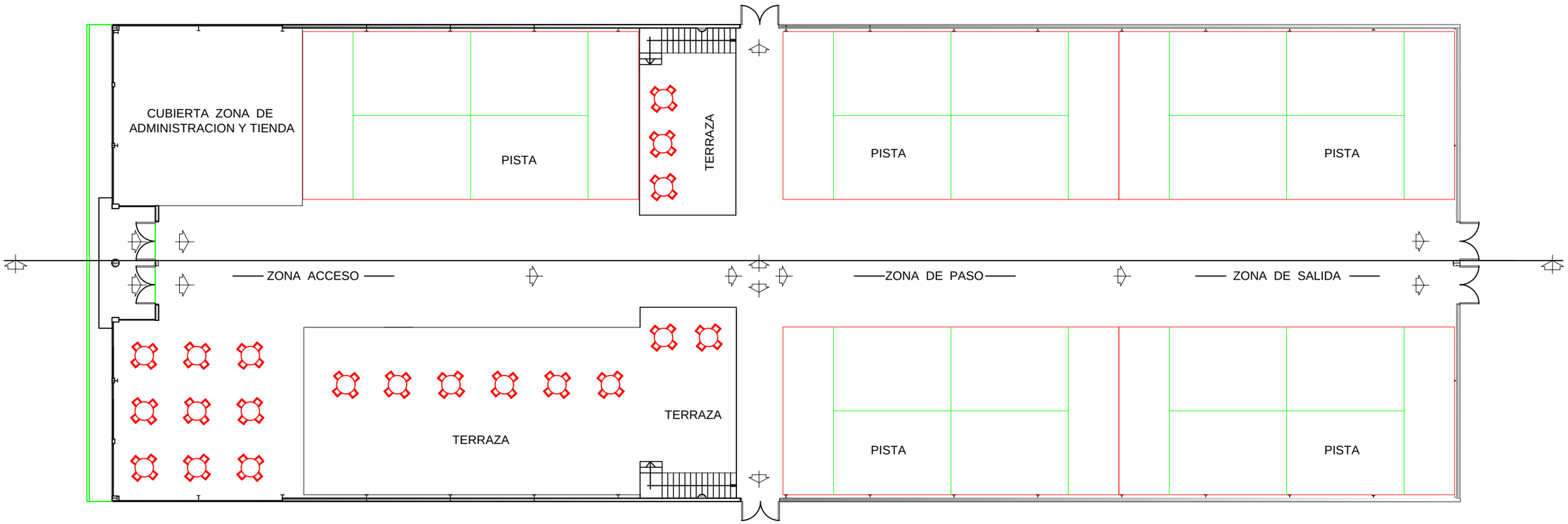
TRABAJO FINAL DE GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR INGENIEROS INDUSTRIALES VALENCIA	Proyecto: PROYECTO ESTRUCTURAL DE EDIFICIO INDUSTRIAL DE 2240 m² SITUADO EN ALTEA Autor: Antonio Oliver Sánchez	Plano: PLANTA DE SECCION COTA 2.00M	Fecha: Julio 2014 Escala: 1:250	Nº Plano: 4.1



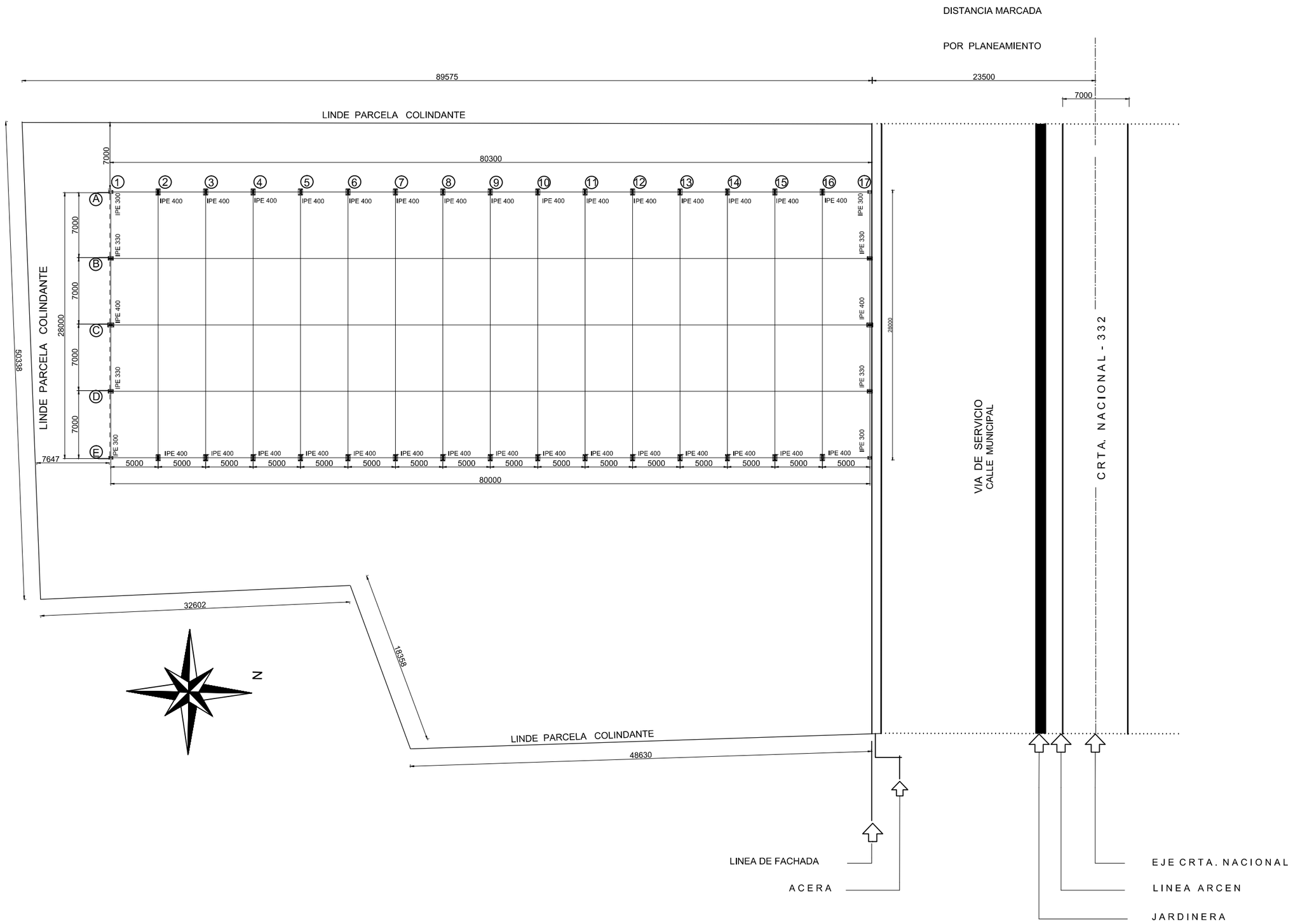


TRABAJO FINAL DE GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR INGENIEROS INDUSTRIALES VALENCIA	Proyecto: PROYECTO ESTRUCTURAL DE EDIFICIO INDUSTRIAL DE 2240 m² SITUADO EN ALTEA Autor: Antonio Oliver Sánchez	Plano: PLANTA DE SECCION COTA 4.60	Fecha: Julio 2014 Escala: 1:250	Nº Plano: 4.2





TRABAJO FINAL DE GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR INGENIEROS INDUSTRIALES VALENCIA	Proyecto: PROYECTO ESTRUCTURAL DE EDIFICIO INDUSTRIAL DE 2240 m² SITUADO EN ALTEA Autor: Antonio Oliver Sánchez	Plano: PLANTA DE SECCION COTA 6.20M	Fecha: Julio 2014 Escala: 1:250	Nº Plano: 4.3

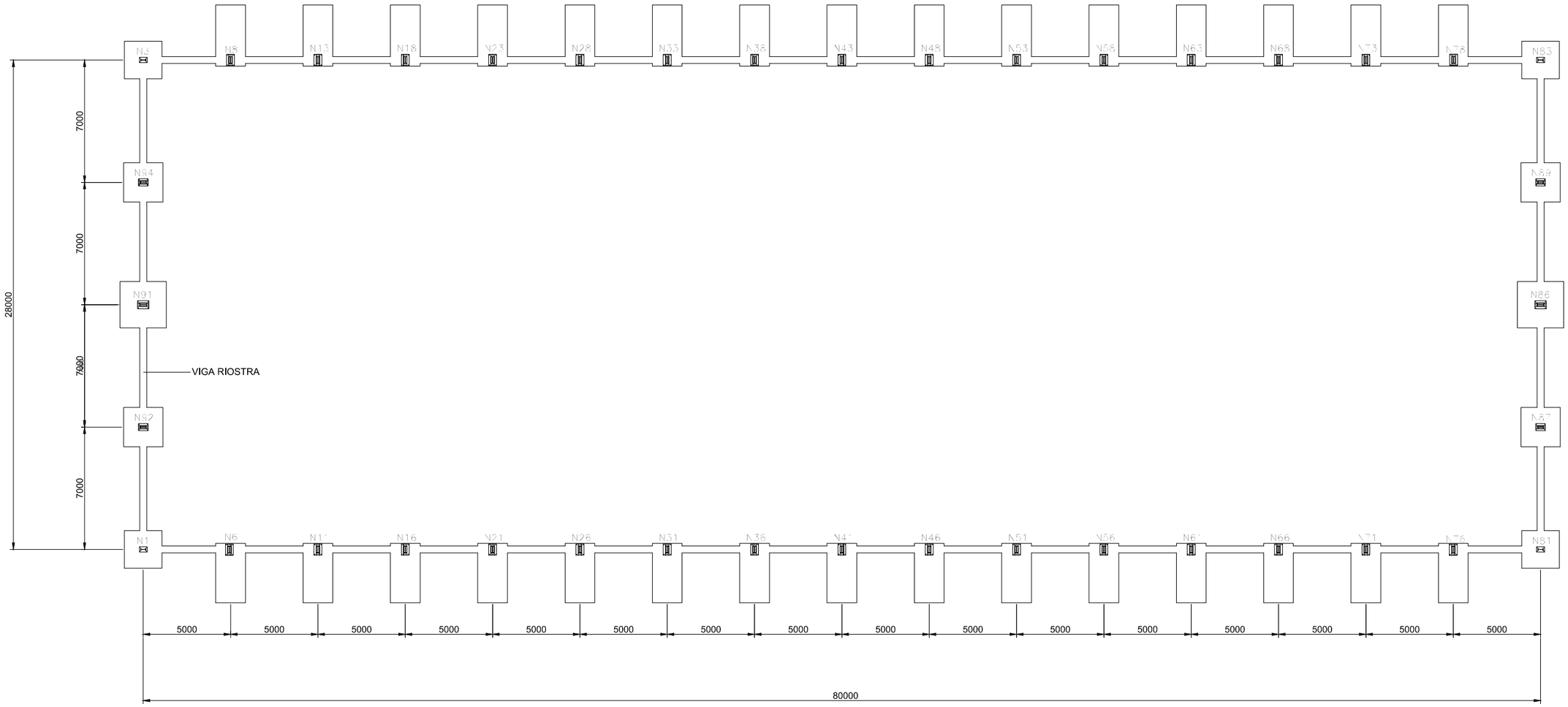


TRABAJO FINAL DE GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR INGENIEROS INDUSTRIALES VALENCIA

Proyecto: PROYECTO ESTRUCTURAL DE EDIFICIO INDUSTRIAL DE 2240 m² SITUADO EN ALTEA	Plano: REPLANTEO	Fecha: Julio 2014	Nº Plano:
Autor: Antonio Oliver Sánchez		Escala: 1:400	5



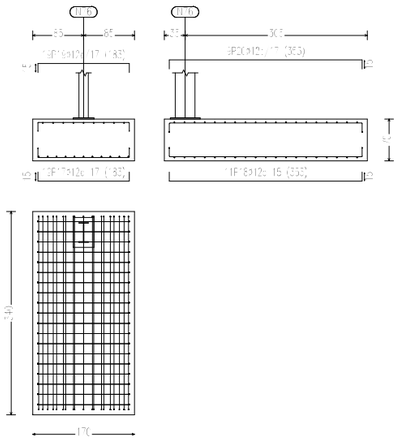
TRABAJO FINAL DE GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

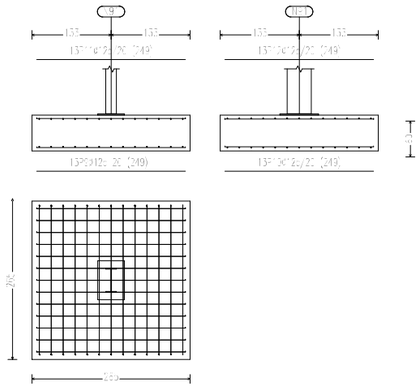
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR INGENIEROS INDUSTRIALES VALENCIA

Proyecto: PROYECTO ESTRUCTURAL DE EDIFICIO INDUSTRIAL DE 2240 m² SITUADO EN ALTEA	Plano: CIMENTACIÓN	Fecha: Julio 2014	Nº Plano: 6
Autor: Antonio Oliver Sánchez		Escala: 1:250	

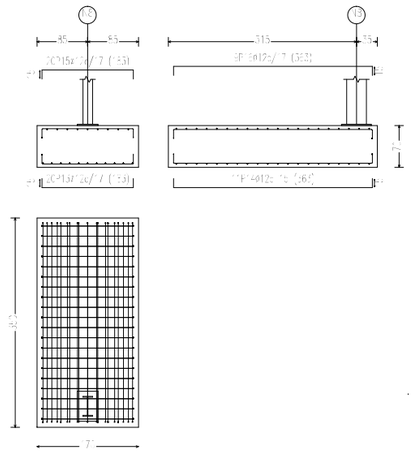
N76, N71, N66, N61, N56, N51, N46, N41, N36, N31, N26, N21, N16, N11 y N6

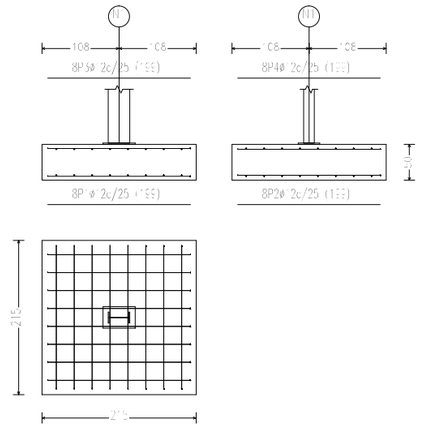


N91 y N86

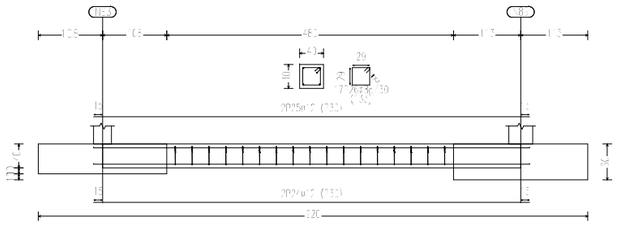


N8, N13, N18, N23, N28, N33, N38, N43, N48, N53, N58, N63, N68, N73 y N78

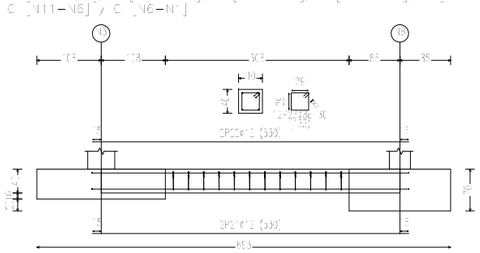




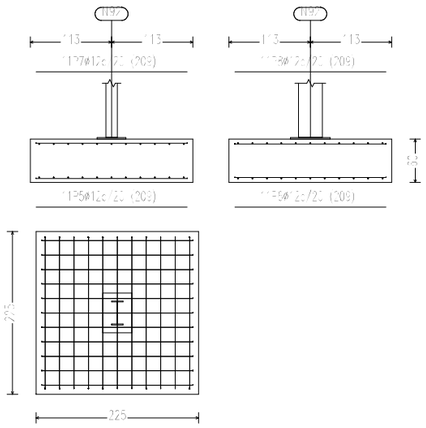
C [N83-N89], C [N89-N86], C [N86-N87], C [N87-N81], C [N1-N92], C [N92-N91], C [N91-N94] y C [N94-N3]



C [N3-N8], C [N8-N13], C [N13-N18], C [N18-N23], C [N23-N28], C [N28-N33], C [N33-N38], C [N38-N43], C [N43-N48], C [N48-N53], C [N53-N58], C [N58-N63], C [N63-N68], C [N68-N73], C [N73-N78], C [N78-N83], C [N81-N76], C [N76-N71], C [N71-N66], C [N66-N61], C [N61-N56], C [N56-N51], C [N51-N46], C [N46-N41], C [N41-N36], C [N36-N31], C [N31-N26], C [N26-N21], C [N21-N16], C [N16-N11], C [N11-N6] y C [N6-N1]



N92, N94, N89 y N87

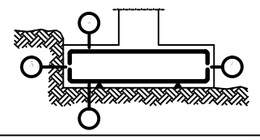


Características de los materiales – Zapatas de Cimentación											
Materiales	Hormigón								Acero		
	Control			Características					Control	Características	
Elemento Zona/Planta	Nivel Control	Coef. Ponde.	Tipo	Consistencia	Tamaño máx. árido	Exposición Ambiente	Recubrimiento nominal	Recubrimiento nominal sobre el terreno	Nivel Control	Coef. Ponde.	Tipo
Vigas de atado	[illegible]	γ_c=1.50	HA-30	Blanda o líquida (Tm=5 cm)	20/40 mm	IIa			Normal	γ_s=1.15	B 500 S
Zapatas	[illegible]	γ_c=1.50	HA-30	Blanda o líquida (Tm=5 cm)	20/40 mm	IIa			Normal	γ_s=1.15	B 500 S
Ejecución (Acciones)	Normal	γ_G=1.35 γ_Q=1.50	Adoptado a la Instrucción EHE								

Notas

- Control Estadístico en EHE, equivale a control normal.
- Solapes según EHE.
- El acero utilizado deberá estar galvanizado con un distintivo reconocido: Sello CIETAN, DD-EHE, ...

Recubrimientos nominales



1a.- Recubrimiento inferior contacto terreno ≥ 8 cm.
1b.- Recubrimiento con hormigón de limpieza 4 cm.
2.- Recubrimiento superior libre 4/5 cm.
3.- Recubrimiento lateral contacto terreno ≥ 8 cm.
4.- Recubrimiento lateral libre 4/5 cm.

Datos geotécnicos

- Tensión admisible del terreno considerada = 0.2 MPa (2kg/cm2)

Longitudes de solapo en arranque de pilares. Lb

Armadura	Sin acciones dinámicas		Con acciones dinámicas		
	B 400 S	B 500 S	B 400 S	B 500 S	
ø12	35 cm	40 cm	40 cm	50 cm	Nota: Válido para hormigón Fck ≥ 25 N/mm2. Si fck ≥ 30 N/mm2 podrán reducirse dichas longitudes, de acuerdo al Art. 69 de la EHE
ø14	40 cm	45 cm	50 cm	60 cm	
ø16	45 cm	50 cm	60 cm	70 cm	
ø20	60 cm	65 cm	80 cm	100 cm	
ø25	80 cm	100 cm	110 cm	130 cm	

TRABAJO FINAL DE GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR INGENIEROS INDUSTRIALES VALENCIA

Proyecto: PROYECTO ESTRUCTURAL DE EDIFICIO INDUSTRIAL DE 2240 m² SITUADO EN ALTEA

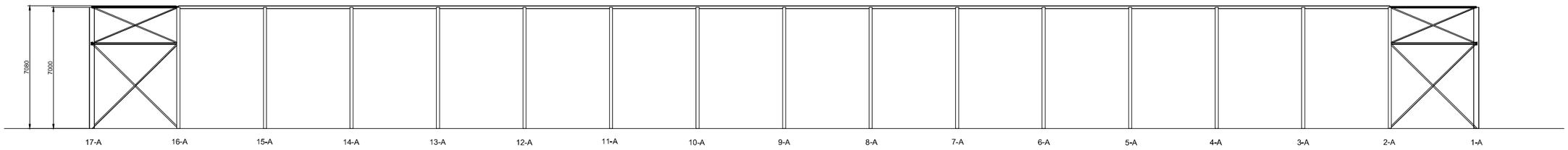
Autor: Antonio Oliver Sánchez

Plano: ZAPATAS Y VIGAS DE ATADO

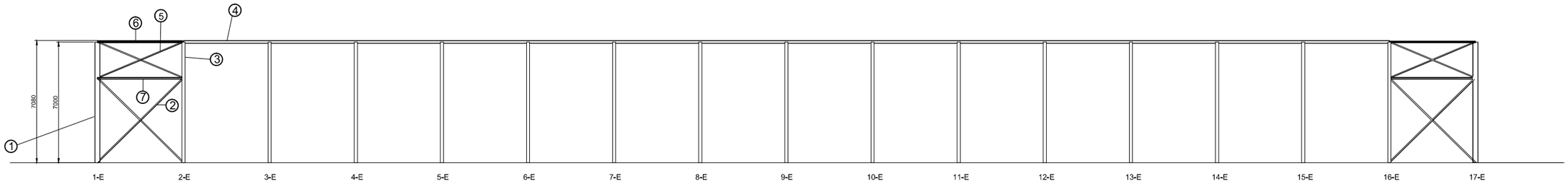
Fecha: Julio 2014

Escala: S/E

Nº Plano: 7



FACHADA LATERAL OESTE

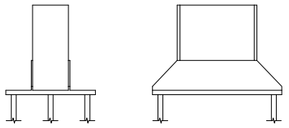


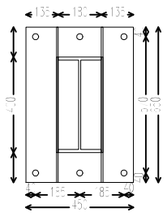
FACHADA LATERAL ESTE

1. pilares portico de fachada perfil IPE 300
2. cruz de San Andres perfil Lx70x70x6
3. pilares portico perfil IPE 400
4. viga perimetral perfil IPN 160
5. cruz de San Andres perfil Lx60x60x5
6. Perfil montante cruz de San Andres Ø90x3
7. perfil #100x80x4

TRABAJO FINAL DE GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR INGENIEROS INDUSTRIALES VALENCIA	Proyecto: PROYECTO ESTRUCTURAL DE EDIFICIO INDUSTRIAL DE 2240 m² SITUADO EN ALTEA Autor: Antonio Oliver Sánchez	Plano: ESTRUCTURA. FACHADAS LATERALES	Fecha: Julio 2014 Escala: 1:250	Nº Plano: 8.1

DETALLE PLACA DE ANCLAJE
PORTICO INTERIOR

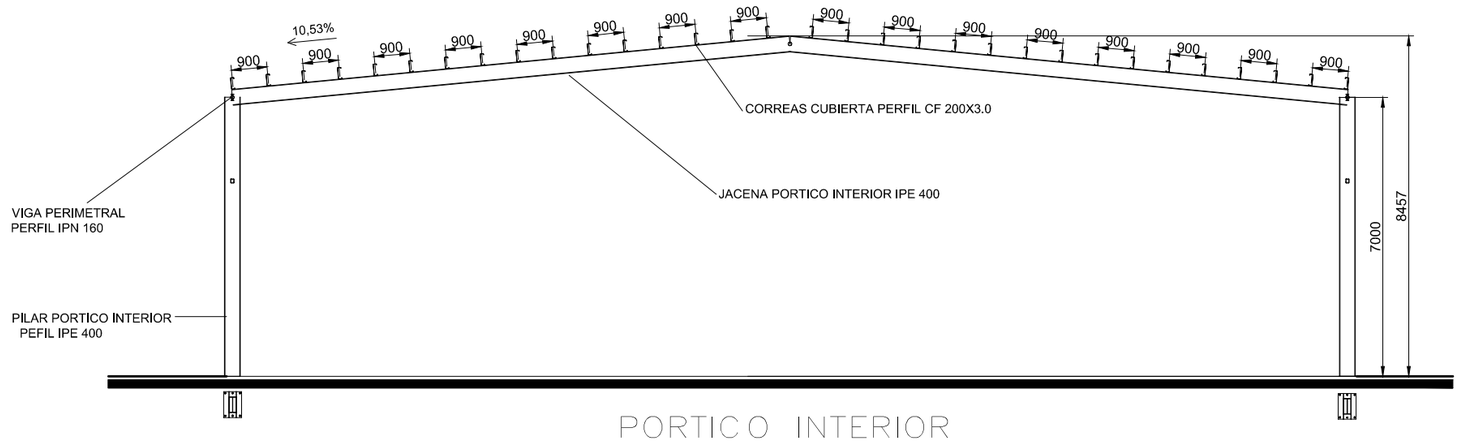




Dimensiones Placa = 450x650x22 mm (S275)

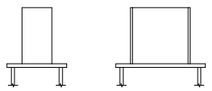
Pernos = 6Ø25 mm, B 400 S, γs = 1.15

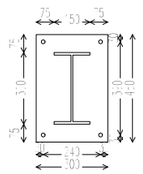
Ref. pilares :N11-N13-N16-N18-N21-N23-N26-N28-N31-N33-N36-N38-N41-N43
-N46-N48-N51-N53-N56-N58-N61-N63-N66-N68-N71-N73-N76-N78-N78



PORTICO INTERIOR

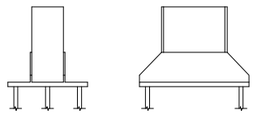
DETALLE PLACA DE ANCLAJE A

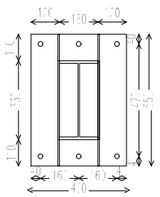




Dimensiones Placa = 300x450x18 mm (S275)
Pernos = 4Ø16 mm, B 400 S, γs = 1.15
Ref. pilares :N1-N3-N81-N83

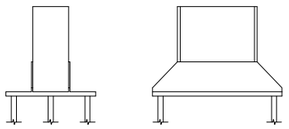
DETALLE PLACA DE ANCLAJE B

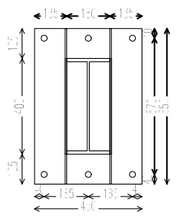




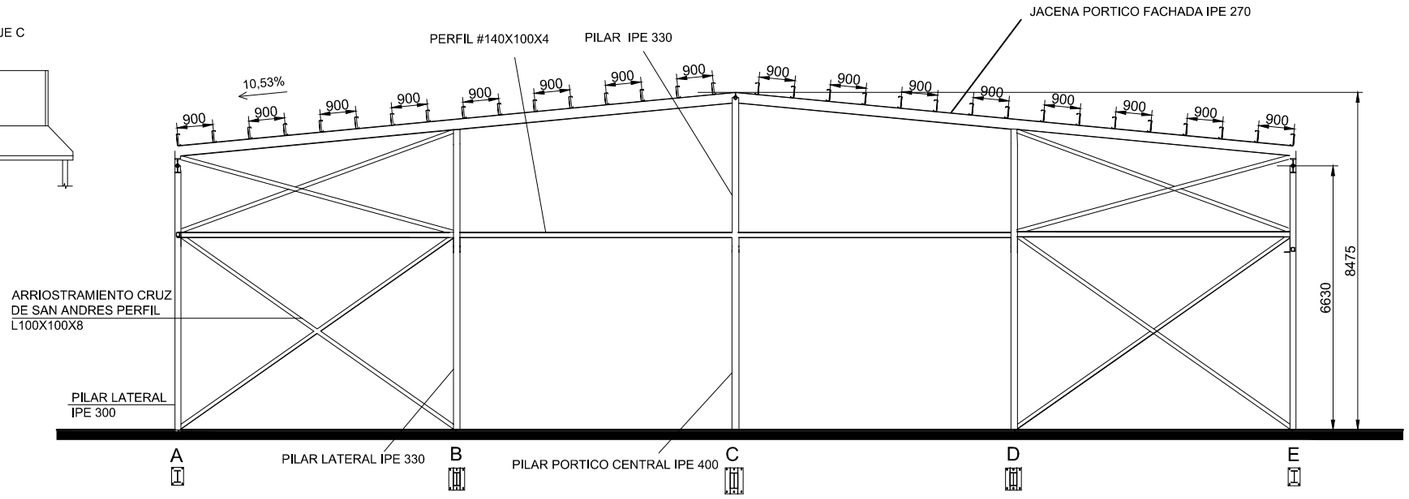
Dimensiones Placa = 400x550x22 mm (S275)
Pernos = 6Ø20 mm, B 400 S, γs = 1.15
Ref. pilares :N87-N89-N92-N94

DETALLE PLACA DE ANCLAJE C



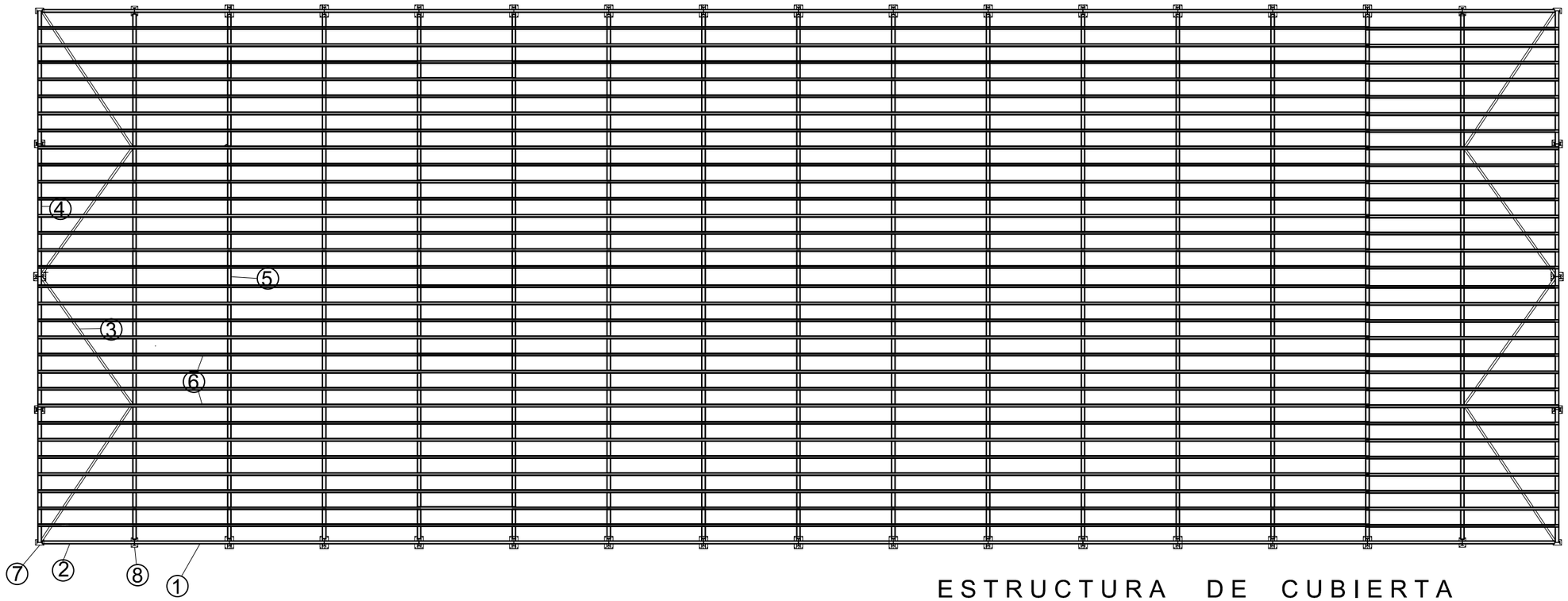


Dimensiones Placa = 450x650x22 mm (S275)
Pernos = 6Ø25 mm, B 400 S, γs = 1.15
Ref. pilares : N86-N9



PORTICO TRASERO Y FRONTAL

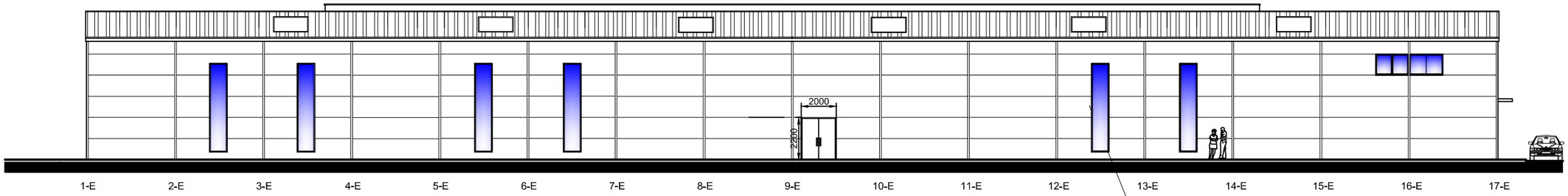
TRABAJO FINAL DE GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR INGENIEROS INDUSTRIALES VALENCIA	Proyecto: PROYECTO ESTRUCTURAL DE EDIFICIO INDUSTRIAL DE 2240 m² SITUADO EN ALTEA Autor: Antonio Oliver Sánchez	Plano: ESTRUCTURA. PORTICOS	Fecha: Julio 2014 Escala: 1:150	Nº Plano: 8.2



ESTRUCTURA DE CUBIERTA

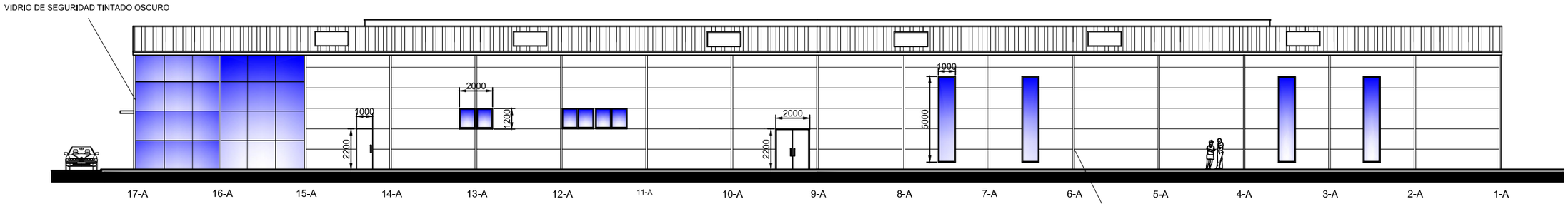
1. viga perimetral IPN160
2. viga contraviento montantes perfil Ø90x3
3. viga contraviento diagonales perfil Ø155x8
4. jacena pórtico fachada IPE 270
5. jacena portico interior IPE 400
6. correas de cubierta perfil CF200x3.0
7. pilar portico de fachada IPE300
8. pilar portico interior IPE400

TRABAJO FINAL DE GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR INGENIEROS INDUSTRIALES VALENCIA	Proyecto: PROYECTO ESTRUCTURAL DE EDIFICIO INDUSTRIAL DE 2240 m² SITUADO EN ALTEA Autor: Antonio Oliver Sánchez	Plano: ESTRUCTURA. DE CUBIERTA	Fecha: Julio 2014 Escala: 1:250	Nº Plano: 8.3



FACHADA ESTE

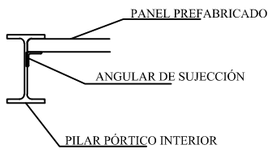
PANEL PREFABRICADO HORMIGÓN 16cm



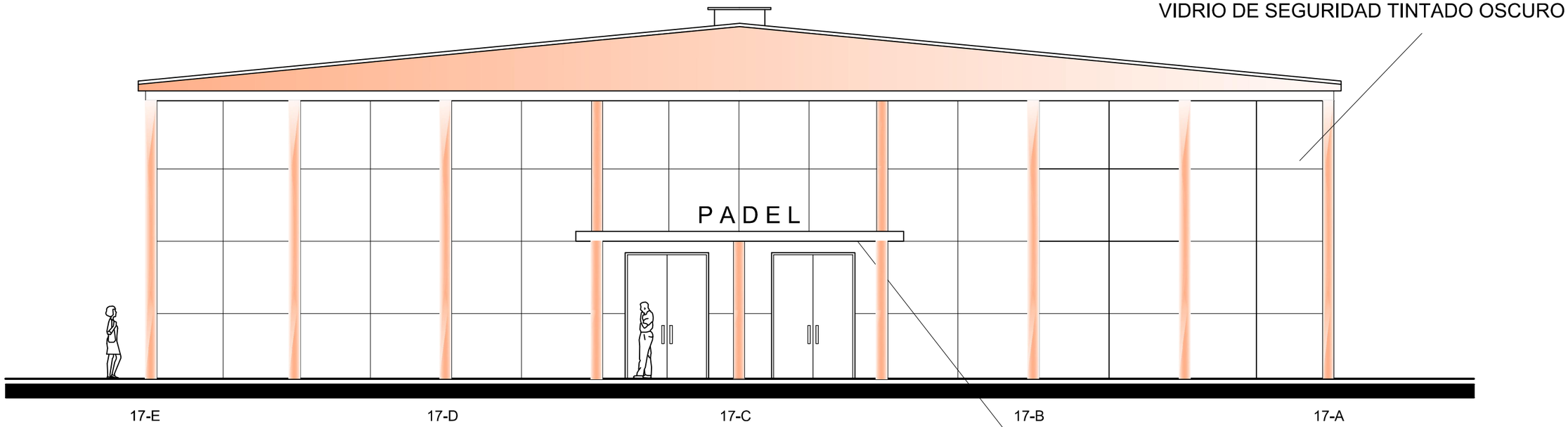
FACHADA OESTE

DETALLE ANCLAJE CERRAMIENTO A PERFILERIA

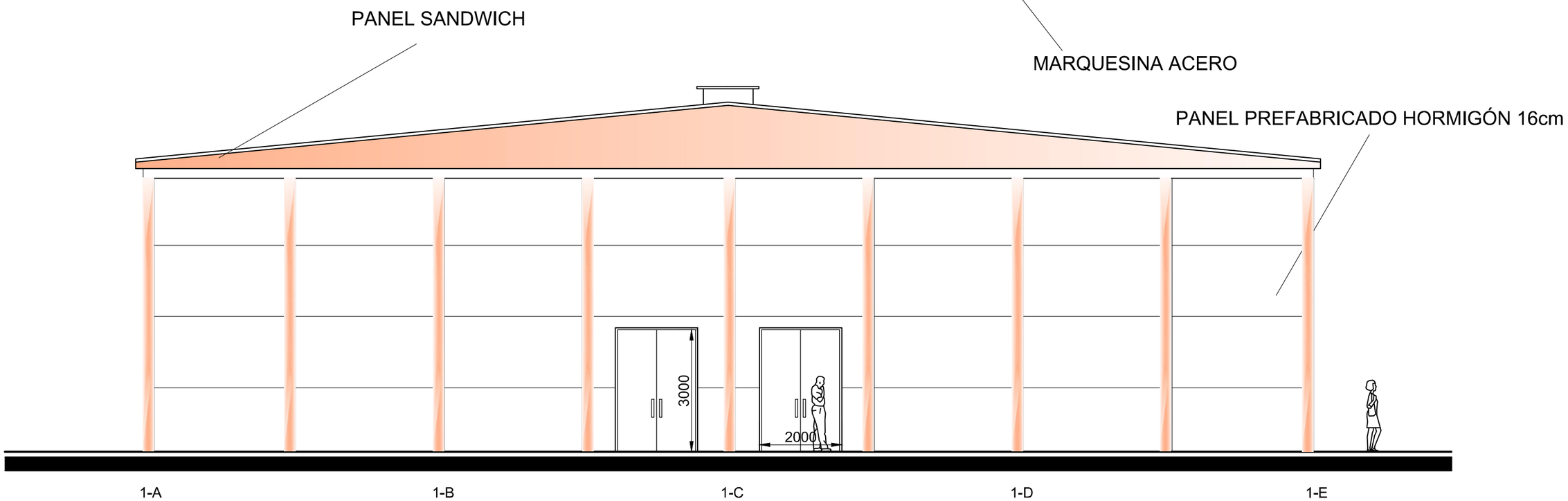
DETALLE CONSTRUCTIVO ANCLAJE CERRAMIENTO A LA PERFILERÍA



TRABAJO FINAL DE GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR INGENIEROS INDUSTRIALES VALENCIA	Proyecto: PROYECTO ESTRUCTURAL DE EDIFICIO INDUSTRIAL DE 2240 m² SITUADO EN ALTEA Autor: Antonio Oliver Sánchez	Plano: FACHADAS. LATERALES	Fecha: Julio 2014 Escala: 1:250	Nº Plano: 9.1

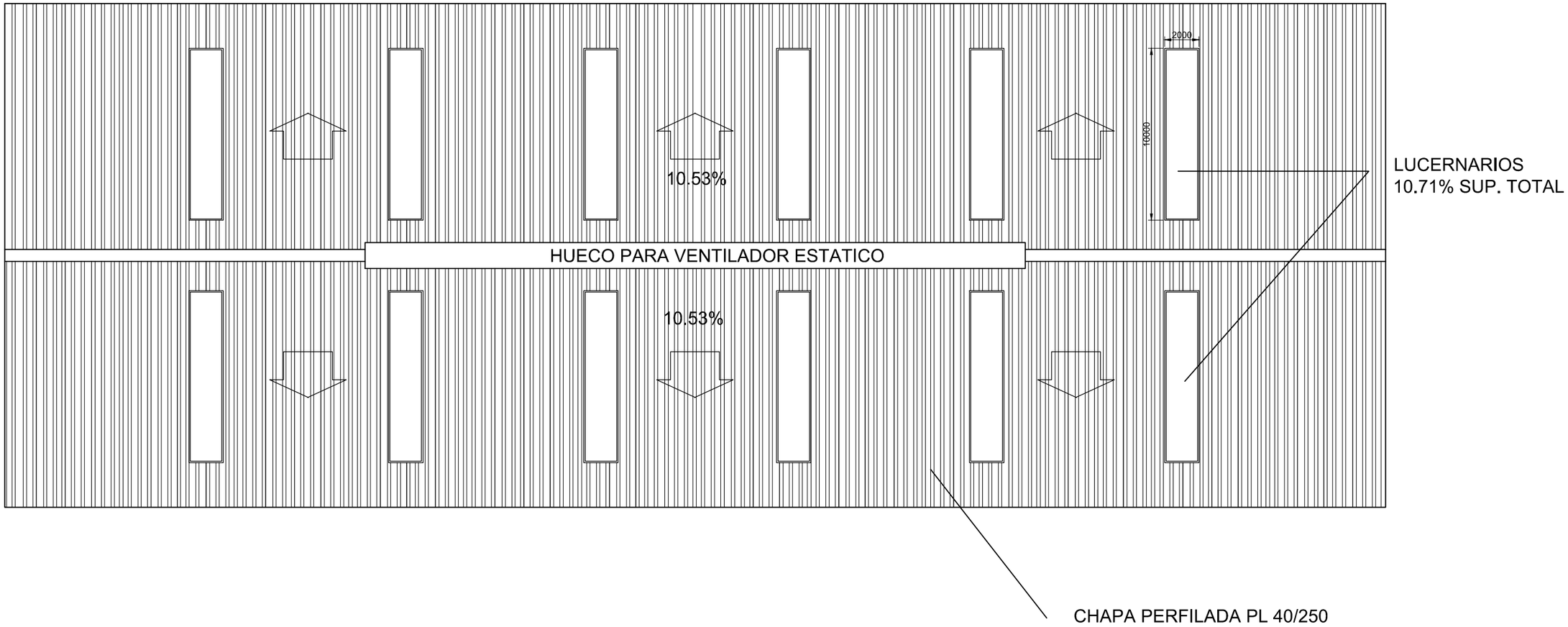


FACHADA NORTE (17-17)



FACHADA SUR (1-1)

TRABAJO FINAL DE GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR INGENIEROS INDUSTRIALES VALENCIA	Proyecto: PROYECTO ESTRUCTURAL DE EDIFICIO INDUSTRIAL DE 2240 m² SITUADO EN ALTEA Autor: Antonio Oliver Sánchez	Plano: FACHADAS. FRONTALES	Fecha: Julio 2014 Escala: 1:100	Nº Plano: 9.2



DETALLE CHAPA PERFILADA PL 40/250

TRABAJO FINAL DE GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR INGENIEROS INDUSTRIALES VALENCIA	Proyecto: PROYECTO ESTRUCTURAL DE EDIFICIO INDUSTRIAL DE 2240 m² SITUADO EN ALTEA Autor: Antonio Oliver Sánchez	Plano: CUBIERTA	Fecha: Julio 2014 Escala: 1:250	Nº Plano: 10